Industry, Science and Technology Canada
Industrie, Sciences et Technologie Canada
Canada

Science and Technology Economic Analysis Review

S&T Economic Analysis Division
Industrial Competitiveness Branch
Policy Sector
INDUSTRY, SCIENCE AND TECHNOLOGY CANADA

MARCH 1990

ACKNOWLEDGEMENTS

A document of this kind represents the distillation of the work of many people and many organizations.

Most of the Canadian statistics have been collected by Statistics Canada, and have been processed by the Services, Science and Technology Division of that organization, without which no quantitative analysis would have been possible.

We are similarly indebted to the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Secretariat and, in particular, the Science, Technology and Industry Indicators Division which, in turn, draws from the national statistical agencies of all of the OECD nations.

Within Industry, Science and Technology Canada (ISTC), many different groups have had a role in the production of this booklet. In particular, this document is a production of all members of the S&T Economic Analysis Division. The personnel of Science Sector are major users of the information and have contributed, collectively and individually, many useful ideas and comments. The assistance of the Communications Branch in reviewing and editing the material is also appreciated.

S&T Economic Analysis Division
Industrial Competitiveness Branch
Policy Sector
March 1990

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER 1 - INDICATORS OF TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC PERFORMANCE ... 1

1. Canada and the International Economy ... 1
2. The Link between R&D and Economic Growth ... 2
3. A Framework for S&T Resource Allocation Analysis ... 3
4. Indicators of Technological Performance ... 4
5. Input Indicators ... 5
6. Invisible Technology Flows ... 7
7. Output Indicators ... 7
8. Conclusion ... 9

CHAPTER 2 - INTERNATIONAL COMPARISONS ... 10

1. R&D Expenditures ... 10
2. Public Sector Spending ... 11
3. Industrial R&D ... 12
4. The Level of Government Support to Industry ... 13
5. Expenditure on Higher Education ... 14
6. Input Indicators - Summary ... 14
7. High Technology Sector Performance ... 16
8. Scientific Literature ... 16
9. Patents ... 18

CHAPTER 3 - THE NATIONAL R&D ENVIRONMENT ... 20

1. Gross Expenditure on R&D ... 20
2. Probable Underestimation of GERD ... 20
3. Funders and Performers ... 21
4. Industrial R&D in Canada ... 22
5. R&D Tax Expenditures ... 24
6. Diffusion of Technologies ... 25
7. Regional Expenditures on R&D ... 27
8. Universities ... 29
9. Scientific, Technical and Engineering Personnel ... 29
10. Canadian Attitudes Towards Science ... 31

CHAPTER 4 - HOW THE GOVERNMENT SPENDS ITS S&T BUDGET ... 34

1. Trends During the Eighties ... 34
2. S&T Expenditures by Area of Application ... 37
3. Federal S&T by Performer ... 38
4. Public Service Personnel in Federal S&T Activities ... 39
5. Regional Distribution of Federal S&T Expenditures ... 41
6. Regional Distribution of Federal Personnel ... 43

LIST OF ABBREVIATIONS

AECL	Atomic Energy of Canada Limited
Agr	Agriculture Canada
BERD	business enterprise expenditures on research and development
CIDA	Canadian International Development Agency
EC	Environment Canada
EIC	Employment and Immigration Canada
EMR	Energy, Mines and Resources Canada
F&O	Fisheries and Oceans Canada
ForCan	Forestry Canada
FRG	Federal Republic of Germany (West Germany)
G-7	Group of Seven countries (OECD)
GDP	gross domestic product
GERD	gross expenditures on research and development
HERD	higher education expenditures on research and development
HWC	Health and Welfare Canada
IDRC	International Development Research Centre
ISTC	Industry, Science and Technology Canada
MRC	Medical Research Council of Canada
NCR	National Capital Region
ND	National Defence
NLC	National Library
NMC	National Museums of Canada
NRC	National Research Council Canada
NSE	natural sciences and engineering
NSERC	Natural Sciences and Engineering Research Council
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PNP	private non-profit organization
PRO	provincial research organizations
R&D	research and development
RIE	Regional Industrial Expansion
RSA	related scientific activities
S&T	science and technology
SC	Statistics Canada
SSH	social sciences and humanities
SSHRC	Social Sciences and Humanities Research Council
STEP	scientific, technical and engineering personnel
U.K.	United Kingdom
U.S.	United States

CHAPTER 1
INDICATORS OF TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC PERFORMANCE

The Science and Technology Economic Analysis Review is a compendium of science and technology (S&T) issues selected by the S&T Economic Analysis Division of Industry, Science and Technology Canada (ISTC) using data collected from a variety of sources. The purpose of the Review is to provide a source-book for both quantitative and qualitative analysis of S&T policy.

1. Canada and the International Economy

As the final decade of the twentieth century approaches, Canada is entering a new phase in its economic development and faces major challenges as a result of the changing character of the international economy.

Canada is a major trading nation. It relies to a higher degree than most of the other member nations of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) on the results of foreign trade to achieve its gross domestic product (GDP). Since the mid-1960s, and particularly since the signing of the Kennedy Round of tariff reductions under the General Agreement on Tariffs and Trade, international trade has been growing significantly — in fact, in relative terms, faster than the growth in world production. Exports represent over one-quarter of Canada's GDP. In this environment, Canada has to remain competitive with its international partners in order to maintain the standard of living to which Canadians have become accustomed.

The rapid development of science and technology over the past two decades has resulted in a number of new products and services, and many more are projected within the medium-term future. Some, but not all, of these will represent expanded market opportunities for Canadian industry. For example, while realistic opportunities in such areas as consumer electronics may be limited, in other areas, such as tele-communications equipment, computer software, and biotechnology, where Canadian capabilities are at or near the technological frontier, the potential is much greater. Advanced technologies have also been applied to many of the more traditional economic activities (e.g., the resource sector and automobiles) and have had a significant impact in lowering costs and improving product quality and performance. Firms which have successfully exploited new technologies in their production processes have gained an additional competitive advantage.

Although Canada's recent economic performance has been relatively healthy, much of its current strength continues to be concentrated outside the rapidly growing high technology sectors emerging as a major source of wealth in the twenty-first century. While trade in high technology goods is only a small percentage of total world trade, it is the "high-tech" area which is likely to grow. However, many of Canada's principal exports continue to be in the resource sectors. These sectors are under pressure from low prices, alternative sources of supply, substitutes or problems with resource management. In the short to medium-term, a major benefit of new technology will likely lie in the opportunities for enhancing the competitiveness of Canada's traditional industries. Canadian firms must become more aggressive in applying best-practice technologies and in developing more innovative processes in order to capitalize on Canada's resource endowments.

Since it cannot depend on its resource base to sustain the growth rates experienced in the past, Canada must diversify its economy. While Canada's high technology export performance relative to the size of its labour force is roughly equal to the OECD average, recent trends indicate that this situation is declining, especially as the Japanese performance continues to grow. The investment Canada is making in innovation is also low compared with that of other OECD countries. This reflects, in part, the resource-based and branch plant structure of the Canadian economy, but also suggests a need for this country to become more

technologically oriented. However, simply performing research and development (R&D) is not sufficient. The connection between technology and the increase in wealth is a complex one — one that cannot be shown as a simple causal relationship.

The technological capital of a nation can be generated in several ways: by performing R&D, by purchasing technology, and by purchasing capital goods with technology imbedded in them. Canada spends over $8 billion on R&D, but only half of that is invested directly in industrial R&D. The rest, while it certainly contributes to the knowledge base of the country, does not have an immediate institutional connection with the production of wealth. However, in addition to industrial R&D spending of about $4.5 billion, Canada purchases ideas in the form of patents and royalties (at a net import cost of about $150 million per annum) and as embedded technology (at an estimated net import worth of about $700 million per annum). These last two items, though, have little technological risk associated with them, so that they have an impact on wealth generation out of proportion to their dollar value. Canada also exports technology and ideas. Indeed, the so-called "high-tech trade deficit" is small compared with the actual volume of imports and exports.

2. The Link between R&D and Economic Growth

It has been demonstrated by Mansfield[1] and many others that the growth of domestic economies depends, to a considerable extent, on the rate of technical progress. The recent Nobel prizewinner in economics, Robert Solow, was awarded that honour on the basis of his pioneering work proving that technology, not capital, is the key factor in making economies grow. The relationship between the level of technological investment (especially in basic research) and the productivity gains made by mature industrial economies now forms an integral part of economic theory.

While R&D may have only limited direct impact on the creation of wealth, it has much wider indirect impacts. Bernstein[2] has calculated that the social rate of return of spending on technology greatly exceeds the direct rate of return. On these grounds, then, R&D spending cannot be dismissed lightly.

Technological progress, along with economic progress, can proceed rapidly if other conditions are favourable, namely:

- There must be a hospitable *macroeconomic environment* to encourage investment in innovative activities. The tax rate must be competitive. The savings rate should be high so that cost of capital can be low. Macroeconomic management should inspire confidence.

- Investment must be made in *human resources* from early childhood and throughout working life. A greater awareness of science and technology must be fostered through basic education so that it might be demystified and supported. Workers must be capable of absorbing, and reabsorbing, technical training throughout a lifetime.

- There must be a focus on "*market pull.*" Experience shows that there is no substitute for real demand in a real market.

- Finally, a relatively small country such as Canada must excel in the *acquisition* and *diffusion* of technology and state-of-the-art practices.

---

1. E. Mansfield, "R&D's Contribution to the Economic Wealth of the Nation," *Research Management* 15 (1972): 31-46.

2. Jeffrey I. Bernstein, *Interindustry R&D Spillovers, Private and Social Rates of Return to R&D Capital*, a paper prepared for the Science Council of Canada, February 1988.

S&T policy analysis, at a bare minimum, requires the development of systematic data to form the foundation for policy deliberation.

> *Trying to follow a science policy, to choose objectives and to count the cost of alternative objectives, without such statistics, is equivalent to trying to follow a full employment policy in the economy without statistics on investment or employment. It is an almost impossible undertaking. The chances of getting rational decision making are very low without such statistics.*[3]

3. A Framework for S&T Resource Allocation Analysis

Science and Technology (S&T) is defined by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) as *systematic activities which are closely concerned with the generation, dissemination and application of scientific and technical knowledge in all fields of science and technology.* This includes R&D, technical training and S&T services such as technical libraries and routine data gathering.

S&T expenditures can be divided into two major areas: research and development and related scientific activities. The definition of R&D used by the Canadian government, as set forth in the OECD's *Frascati Manual*, is: *...creative work undertaken on a systematic basis in order to increase the stock of knowledge, including knowledge of man, culture and society, and the use of this stock of knowledge to devise new applications.*[4]

R&D is composed of basic research, applied research and experimental development. All three of these activities, in particular the latter, are important contributors to the innovation process.

Related scientific activities refer to those activities which complement or extend R&D by contributing to the generation, dissemination and application of technological knowledge. But, unlike R&D, they are not creative activities. Most of the costs of these activities are for data collection, processing and the dissemination of information. This information is used for a wide variety of purposes in both the public and private sectors, including economic, financial and business planning, and natural resources and environmental management.

In order to understand R&D activity and its role in S&T policy making, one must examine it both in terms of the organizations funding and performing R&D (institutional classification) and in terms of the nature of the R&D programs conducted (functional distribution). While the institutional classification system allows analysts to observe the differentiation of roles, the functional distribution system focuses on the character of R&D itself. Yet, R&D is only *one* of the steps in the complete innovation process. As such, limitations are imposed on the utility of indicators designed to measure R&D's impact on the innovation process.

The federal government, private industry and universities constitute the dominant players in the R&D system. Besides being the largest direct funder of R&D expenditures, the federal government indirectly funds R&D activity through the provision of tax expenditures. In addition to the dominant players, pro-

---

3. C. Freeman, "Science and Economy at the National Level," *Problems of Science Policy* (Paris: OECD, 1968), p. 58.

4. *The Measurement of Scientific and Technical Activities [Frascati Manual]* (Paris: OECD, 1981), p. 13.

vincial governments, provincial research organizations, private non-profit institutes and foreign performers are statistically significant entities in this area.

While much of this Review is devoted to R&D and little to innovation more generally, this emphasis is more a result of availability of data than of relative importance. It is to be hoped that systems for measuring innovation will be developed further in the near future so that the impact of science and technology on wealth creation can be more directly presented.

4. Indicators of Technological Performance

All industrialized countries are devoting increasing resources, both public and private, to improving their competitive positions. A key element in this context has been the emphasis on innovation and investment in technology. Accordingly, there is considerable policy interest in measuring the impact and contribution of technological performance on international competitiveness and economic growth. The link between technological performance and competitiveness works in two directions: although industrial competitiveness depends on, among other things, the technological capabilities of a particular country, it can also be shown that technological performance is, in turn, partly determined by general factors relating to industrial competitiveness such as the business culture, cost and availability of financing, and work force skills. This simply means that care should be taken in drawing conclusions and in embarking on policy actions on the basis of such analysis.

Although it might be advantageous to treat S&T activity as a distinct subset of economic activity, it is difficult to correlate S&T economic *inputs* with S&T economic *outputs*. Because it is difficult to apply numerical values to S&T outputs and since the "value" of the final product is the result of a combination of many inputs of which scientific research is only one, "science accounting" should be thought of more in terms of the ways resources are allocated over different categories of science expenditures rather than in "input/output" terms.

While the simplest method of measuring an S&T activity is to measure the human and financial resources devoted to it, the measurement suffers from the fact that it does not reflect the quality of the work done, nor allow for weighted comparisons between different entities. Hence, S&T indicators have been developed by combining a specific S&T statistic with some normalizing general economic statistic.

It is usually necessary to modify S&T statistics to take into account the wide variation in sizes of economic units, populations, etc. Thus, "indicators" are variables that are usually expressed as a ratio of two statistics: the numerator is the specialized statistic, such as R&D spending, and the denominator is a general statistic, such as GDP or population.

> *Indicators provide indirect information on the phenomena or events to which they are applied. An indicator is a measure of one item used to provide information about another, immeasurable item. For example, statistics on the number of scientists and engineers, and on their levels of training, are indicators of the quality and quantity of S&T knowledge available. Expenditures on R&D are indicators of the levels and sites of the indigenous generation of S&T knowledge. Patent statistics are indicators of the intensity, direction and location of inventive activity.*[5]

Consequently, different series of indicators must be developed in order to gain the fullest understanding of the S&T "enterprise."

---

5. H. Stead, *Science and Technology Indicators in Canada and the United States of America*, (Ottawa: Statistics Canada, December 1985).

Certainly in establishing policies to maintain and improve Canada's international competitiveness, we should be looking at both output and input indicators which, taken together, provide a comprehensive view of the impact of both our industrial and technological performance on competitiveness and economic growth.

A major shortcoming of any indicator is that there may be many factors responsible for the observed outcome, and the underlying causality may differ from one country or one sector to another. Nor is it sufficient to use, or rely on, any one indicator to measure relative performance. Desirably, a range of different aspects of competitiveness, as suggested below, should be covered to help identify areas of strength and weakness and to suggest possible policy directions.

The choice of input and output indicators can be economy-wide, sectoral (manufacturing, etc.) or industry-specific (high, medium or low technology; aerospace, electronics, etc.).

5. Input Indicators

Input indicators are the underlying determinants of future output indicators. In broad terms, they include the cost of raw materials and labour, the cost of capital, tariffs, subsidies (including subsidies for R&D and new technology), the level of technological innovation, R&D expenditures, etc.

In the context of technological performance, however, the most widely used comparative indicator is the ratio of gross expenditures on R&D (GERD) to GDP. Few other technology indicators have influenced policy discussions as much as comparisons of this single R&D measure. However, expenditure on R&D is not the only technological input: the acquisition of intellectual property, the use of technology-intensive equipment and the level of highly trained personnel are also important as measures of resources allocated to improve the level of technology in a country.

Assuming that Canadian industrial R&D is affected by the country's economic structure, the heavy reliance on resource-based industries seems to be the major reason for Canadian industry's apparent lack of propensity to perform R&D. Chart 1-1 summarizes the spending on civilian R&D in the seven largest economies within the OECD (known as the Group of Seven or G-7), of which Canada is a member. The Canadian "adjusted" figures indicate what level of spending on R&D Canada would have achieved had we had their propensities for R&D spending. Clearly, Canada's investment in R&D would have to increase substantially if it is to approach the average of the G-7 economies, even on an adjusted basis. If the current level of public sector spending on R&D is maintained at 0.64 per cent, private sector spending would have to increase from 0.7 per cent to about 1.1 per cent of GDP (an increase of $2.4 billion) to reflect the average R&D propensity of the G-7 countries.

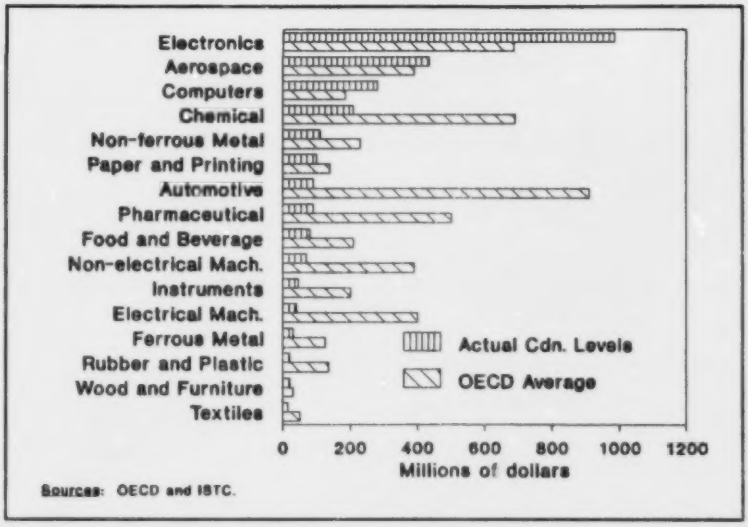
Chart 1-1
GERD/GDP Propensities and Adjusted R&D Levels, G-7 Countries, 1987

Country	Civilian GERD	Adjusted Canadian GERD	Adjusted Business R&D Level
		(% of GDP)	
Canada	1.35		
Japan	2.85	1.91	1.27
FRG	2.67	1.78	1.14
France	1.86	1.74	1.10
United States	1.81	1.83	1.19
United Kingdom	1.77	1.59	0.95
Italy	1.22	1.60	0.96
Average		1.80	1.10

Sources: OECD data and ISTC.

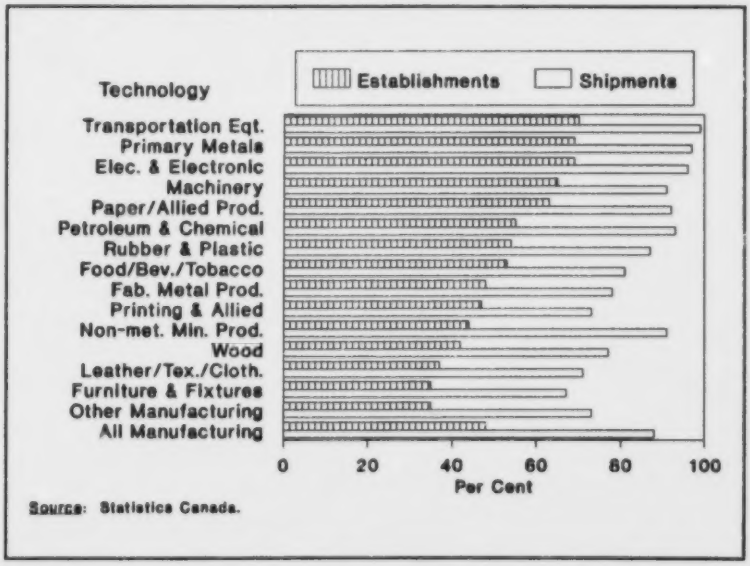
In terms of industrial R&D, it would be more meaningful to compare Canadian expenditures on an industry-by-industry basis, rather than on a more aggregated basis. A comparison between Canadian industrial R&D spending for a given industry and the average of the other major OECD countries (G-7, plus Sweden, Finland and Norway) has been calculated, taking into account the effects of economic structure and different R&D propensities. The results are shown in Chart 1-2.

Chart 1-2 - Comparisons of R&D Spending, 1987



The notable points are that, in industries such as electronics, aerospace and computers, Canadian businesses spend more than our economic structure and the average R&D propensity in the OECD would suggest. In all other industries, Canadian business would appear to spend less than its OECD counterparts. There may be industry-specific reasons for this. For example, in the automotive sector, which is the largest under-spender, an explanation for the shortfall may be the integrated nature of the industry between Canada and the U.S., which, for Canada, results in low R&D-intensive assembly and higher R&D-intensive component manufacture. Only an industry-by-industry approach, such as that being carried out by the Science Council of Canada, would be able to draw out the particular circumstances of the industry (and firm) and indicate what, if any, policy action may be useful.

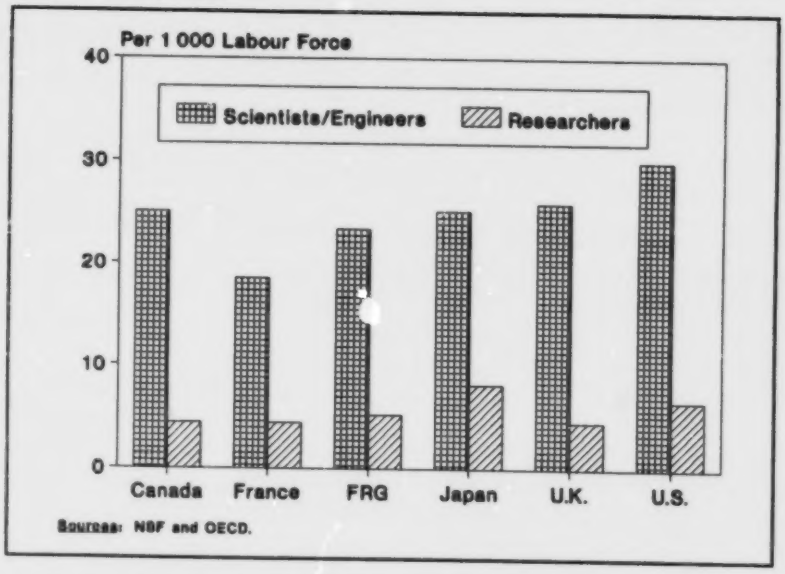
Chart 1-3 - AMT Use by Industry Sector, 1989



Of course, firms may acquire technology in ways other than through conducting R&D. In industries traditionally classified as having a low R&D intensity, most technology may be embodied technology, which is acquired through the purchase of technology-intensive capital goods. The second technological input indicator is the utilization of advanced manufacturing technologies (AMT) by industry sector in Canada. Chart 1-3 indicates the proportion of Canadian establishments making use of at least one AMT in selected industries, and the percentage of shipments in each sector that come from a plant using AMTs. Although there are currently no data available for a comprehensive OECD comparison, recent surveys of the use of AMT in Canada and the United States show that the use of technology by Canadian industry is, within measurement error, the same as that in the U.S.

The development or hiring of scientific, technical and engineering personnel (STEP) (engineers, scientists, etc.) is a third measure of input of technology to the economy. Chart 1-4 compares the stock of such STEP in the Canadian labour force with that of other major OECD economies. It shows that, although Canada has comparable numbers of scientists and engineers in the work force (compared with the OECD countries for which parallel information is available), Canada has the second lowest number of researchers (4.3 per thousand of the labour force). Japan, with 8.1, had the highest, followed by the United States with 6.7.

Chart 1-4 - Scientific, Technical and Engineering Personnel in the Labour Force, 1986



The growth since 1979 in the number of Canadian research scientists and engineers has been slightly higher than the median for the OECD. In the OECD on average, the number of research scientists and engineers increased by 25 per cent, compared with a 31 per cent increase in Canada.

6. Invisible Technology Flows

Technology can enter the economy in a number of "invisible" ways. In addition to R&D embodied in capital purchases, firms may acquire technology through licensing, non-market mechanisms (such as searching public information sources such as patent databanks) and the development of organizational capital (such as just-in-time schemes and improved management information systems).

It is very difficult to measure the "invisible" flows of technology into and out of a country. While payments for licences, royalties and patents may be traced, the cash flows frequently do not reflect the actual value of the transactions. It is particularly difficult to assess the value of technology flows between affiliates of multinational corporations because there are arbitrary legal rules governing the valuation of these flows.

Another indicator of technological performance is the number of patents that a country's industry produces. Patents are an output of technology development and, hence, are a measure of the effectiveness of a country's technology development. However, there are considerable weaknesses in the measure. The largest and most obvious are that individual patents are of widely varying value, much important technology is never patented at all, and intellectual property regimes vary from country to country.

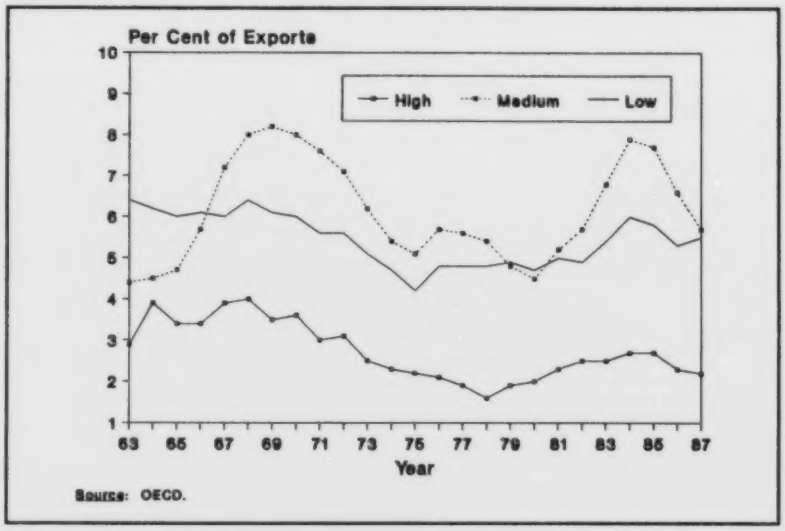
7. Output Indicators

Output indicators are the measure of ultimate economic performance. Given that the focus of this exercise is on technology, output indicators should be viewed in a "technology perspective". They include trade balances, changes in export market share, trends in import penetration and variations of these. They point to areas of relative strength and weakness in national economies and identify which sectors are expanding or contracting relative to world trends.

It is inevitable that a small, open economy such as Canada's will produce only a fraction of the world's technology, and will import technology from abroad. Increased imports of advanced technology products suggest a higher rate of advanced technology adoption, and are a sign of strength. It is the failure to simultaneously export advanced technology which is evidence of technological weakness.

Like that of most members of the OECD, Canada's share of exports of high technology products has fallen continually over the 1963-87 period (Chart 1-5). Japan has been the major winner in the high technology area. Canada's medium technology exports are cyclical, reflecting the performance of our auto industry.

Chart 1-5 - Canada's Share of OECD Exports by Technology Type, 1963 to 1987



Estimates of the rate of return of R&D are the most sophisticated indicator of output. These estimates are made by economists using considerable quantities of firm and industry level data and advanced statistical techniques.

Estimates of the rate of return of increased R&D are generally in the range of 20 per cent to 50 per cent, before the effect of spillovers is included. Progress has been made in the measurement of the spillover effects of R&D and many studies have now confirmed that the rate of return is very high if spillovers are included. Recent Canadian studies include the one by Bernstein cited above, which show the total rate of return to R&D to be between 29 per cent and 94 per cent depending on the industry. Similarly, Mohnen and Lepine[6] found a total rate of return which averaged 84 per cent over a large number of industries.

It should be noted that the findings from these studies are very similar to American and Japanese results and there is now a fairly long record of such studies which consistently show high rates of return to R&D.

Scientific literature is one of the major direct outputs of research. Scientific and technical findings are generally published in professional journals and thus add to the body of world scientific knowledge, since scientists and engineers of all countries generally have access to this body of knowledge. Therefore, although they do not indicate the importance of individual publications, publication counts have long been accepted as output indicators of basic and applied research. Nowadays, these are usually complemented by citation indicators. These are used to measure the influence and quality of the research effort and are based on the assumption that the most significant literature will be more frequently cited than the less important literature. Similarly, patent counts are used as indicators of technological activity. These are complemented by indicators of technological quality that are based on the number of times a patent is cited in subsequent patents.

6. P. Mohnen and N. Lepine, *Payments for Technology as a Factor of Production*, Cahier 8810, (Montreal: Université du Québec à Montréal, May 1988).

8. Conclusion

Input and output indicators tell a consistent story: the technological component of Canada's economy is substantially below the norms of the other large industrialized OECD countries. This is particularly true of technology development indicators, which are leading indicators. However, while the indicators suggest what changes should occur, by themselves they do not indicate the appropriate policy actions.

• • •

CHAPTER 2 - INTERNATIONAL COMPARISONS

The purpose of this section is to provide a comparison of Canada's performance in science and technology with that of other major industrialized nations.

It is not clear that these figures indicate a crisis for Canadian S&T. Our low GERD/GDP is of concern yet, at the same time, our industries remain competitive and, on a GDP per capita basis, Canada enjoys the second highest standard of living in the industrialized world. It is clear that we import technology, either directly as final products or as ideas, through patents and licences. Importing proven technologies may be cost-effective for those industries where Canada has a clear competitive advantage, but the lack of a base for innovation could clearly hurt those sectors where Canada's competitiveness is marginal.

Chart 2-1
Distribution of World R&D Spending, 1982

Country	Value	Share
	(US$ mil.)	(%)
United States	100 823	44
Japan	39 118	17
FRG	19 371	9
United Kingdom	13 765	6
France	13 728	6
Italy	7 394	3
Canada	4 877	2
All Other	28 773	13
Total	227 849	100

Source: National Science Foundation, *International Science and Technology Data Update*, No. 89-307, December 1988.

R&D is concentrated in developed countries, with the seven largest economies in the OECD accounting for about 87 per cent of all R&D (Chart 2-1). Canada carries out only 2 per cent of the world's R&D, as measured according to a number of input and other indicators.

1. R&D Expenditures

As a percentage of GDP, Canada's R&D expenditure ranks thirteenth amongst the 24 nations of the OECD and is considerably lower than that of most of the G-7 countries. This position is unchanged even after adjusting for the large defence R&D budgets of some of the major industrial nations (Chart 2-2).

Chart 2-2
Selected International Comparisons of GERD, 1987

Country	GERD	GERD/GDP	Share Financed by Public Sector	Public R&D Funds/GDP	GERD Per Capita	Researchers Per 1000 Labour Force
	(US$ bil.)	(%)	(%)	(%)	(US$/person)	
Japan	46.1	2.87	21.7	0.62	378	8.1
Sweden	3.3	2.82	34.0[2]	0.96	388	4.5
FRG	22.9	2.81	33.6	0.94	374	5.2
U.S.A.	120.3	2.69	50.8	1.37	493	6.6
U.K.[1]	15.5	2.36	38.9	0.92	274	–
France	16.2	2.27	52.9	1.20	291	4.4
Netherlands[1]	3.8	2.22	44.0	0.98	262	4.2
Norway	1.2	1.83	44.1	0.81	282	4.7
Canada	6.2	1.40	45.8	0.64	241	4.3
Italy	8.9	1.27	54.2	0.69	156	2.8
Australia[1]	2.5	1.25	60.7	0.76	158	4.4

1. 1986.
2. 1985.

Source: OECD, *Main Science and Technology Indicators*, December 1989.

2. Public Sector Spending

Chart 2-3 shows Canada's relative R&D spending performance in the public and private sectors in 1987 using OECD data. It shows that, while Canadian civilian R&D funded by the public sector is comparable with that of other selected OECD countries at about 0.6 per cent, there is a substantial shortfall in the level of private sector spending on R&D (0.6 per cent compared with an average of 1.3 per cent).

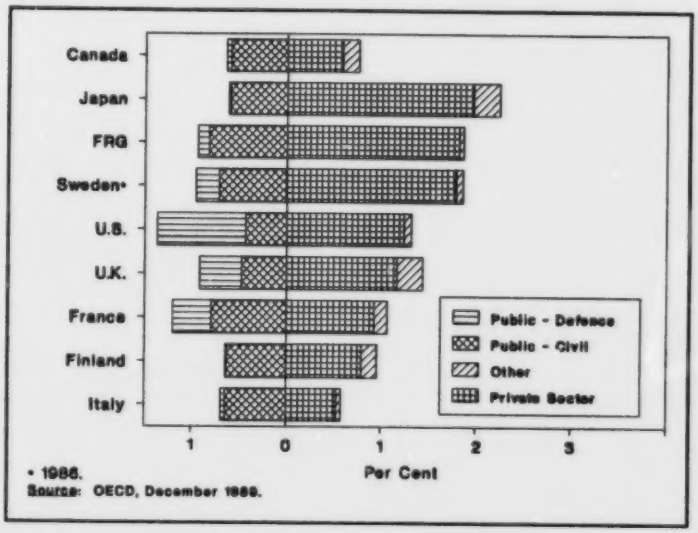
As a share of GDP, Canada ranks in the middle range of OECD countries in terms of direct government support for civilian R&D.

Canada's share of government spending is higher than that of most nations in six areas:

- agriculture and fishing;
- transport and telecommunications;
- industrial development;
- energy;
- environmental protection; and
- health.

Canada's share of spending on agriculture and fishing is exceptionally high. At 15 per cent of government R&D expenditures, this share is approximately four times higher than that in Japan, France or the United Kingdom, nations which are recognized as being heavily committed to these industries (Chart 2-4).

Chart 2-3 - Composition of GERD/GDP, Selected Countries, 1987



* 1986.
Source: OECD, December 1988.

Chart 2-4
Distribution of Government Budget Appropriations for R&D by Selected Objectives, Selected Countries, 1987

Objective	Canada	France	FRG	Japan	U.K.	U.S.
			(%)			
Agriculture, Forestry and Fishing[1]	12.7	3.6	2.0	4.0	4.2	2.3
Industrial Development	11.2	10.6	15.3	4.8	8.7	0.2
Energy	5.7	6.7	8.7	23.2	3.5	3.6
Transport and Telecommunications	4.3	*	*	1.4	0.4	1.6
Urban and Rural Planning	1.6	*	*	0.4	1.2	0.2
Environmental Protection	2.8	0.4	3.3	0.5	1.0	0.5
Health	7.9	3.6	3.2	2.4	4.3	11.9
Social Development and Services	14.2	2.7	2.3	1.0	1.5	1.0
Earth and Atmosphere	11.5	1.4	1.9	1.0	1.7	0.7
Advancement of Knowledge[2]	12.5	26.6	43.8	50.8	20.2	3.6
Civil Space	n.a.	5.9	4.9	6.1	2.7	6.0
Defence	9.6	34.1	12.5	4.5	50.3	66.6
Other	6.0	4.4	2.1	0.1	0.3	0.2
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

1. Canadian figures exclude forestry.
2. May include operating grants to universities for post-graduate research.
* Not separately available, but under 2 per cent based on NSF data.

Sources: Statistics Canada, *Federal Scientific Activities, 1989/90*, Cat. No. 88-204, January 1990.
National Science Foundation, *International Science and Technology Data Update: 1988*, No. 89-307, December 1988.

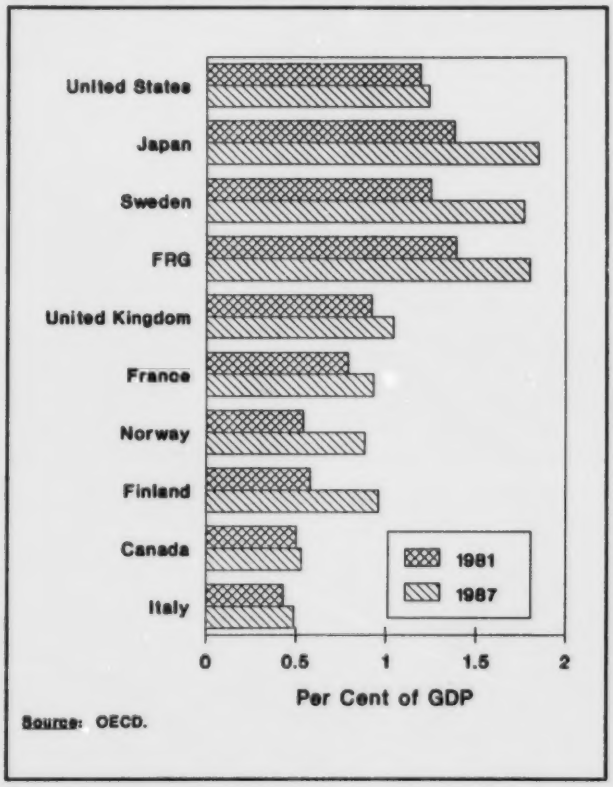
3. Industrial R&D

Canada is on the high end for the share of research effort expended by government and higher education and on the low end for the share of effort expended by industry (Chart 2-5), as measured by business enterprise expenditures on research and development (BERD).

All countries, with the exception of France, have reduced government's share of R&D spending over the period from 1975 to 1986.

The industrial sector in Canada performs a smaller proportion of GERD relative to the other G-7 countries. Industry-performed R&D in Canada increased by 15 percentage points from 36 per cent in 1974 to 51 per cent in 1985. In the United States, this increase was 5 per cent; Japan, 13 per cent; FRG, 11 per cent; Italy, 2 per cent; and the U.K., 1 per cent (1975 to 1985). No increase was shown by France.

Chart 2-5 - BERD Funded by Industry as a Percentage of GDP, Selected Countries, 1981 and 1987



Source: OECD.

The ratio of industry-financed BERD to GDP can be used as an indicator of the industrial sector's participation in R&D. The OECD nations have generally shown an increasing level of participation from 1981 through 1986. Japan, Sweden, FRG and the U.S. have much higher industry-financed BERD/GDP ratios than other countries (Chart 2-5). Canada's ratio is well below that of many other nations. Countries with significant raw materials sectors (such as Canada) will have lower BERD/GDP ratios because of the relatively low levels of investment in R&D. Over the 1974-86 period, the proportion of GERD funded by industry in Canada increased by 45 per cent, substantially exceeding the growth in the proportion of industry-funded R&D in other G-7 nations (the U.S., 9 per cent; Japan, 23 per cent; FRG, 27 per cent; France, 8 per cent; Italy, -21 per cent (1974-85); and the U.K., 12 per cent (1975-85)).

At 4.8 per cent of sales, U.S. industry is significantly more R&D-intensive than Canadian industry (1.5 per cent — see Chart 2-6). To some degree, Canada's lower R&D intensity reflects the concentration of R&D activities in the (usually American) parent.

Chart 2-6
Comparisons of R&D Intensity in Selected Manufacturing Sectors, Canada and U.S., 1987

Sector	U.S.	Canada		
		Canadian-owned	All Companies	Foreign-owned
		(R&D as a percentage of sales)		
High Intensity				
Telecommunications Equipment	9.3	17.1	16.9	15.5
Medium Intensity				
Electronic Parts and Components	8.7[1]	7.3	5.9	3.4
Business Machines	12.6[1]	12.9	3.7	2.9
Drugs and Medicines	8.5[1]	10.7	3.5	2.6
Machinery	3.6	4.0	3.2	1.6
Scientific and Professional Equipment	8.8	11.0	2.5	0.9
Low Intensity				
"High End"				
Primary Metals, Non-ferrous	1.2	1.3	1.3	0.6
Metal Fabricating	1.7	1.8	1.1	0.7
"Low End"				
Refined Petroleum and Coal Products	1.0	0.4	0.5	0.5
Non-metallic Mineral Products	2.6	0.3	0.4	0.5
Primary Metals, Ferrous	0.6	0.3	0.3	0.3
All Manufacturing Industries	4.8	1.7	1.5	1.4

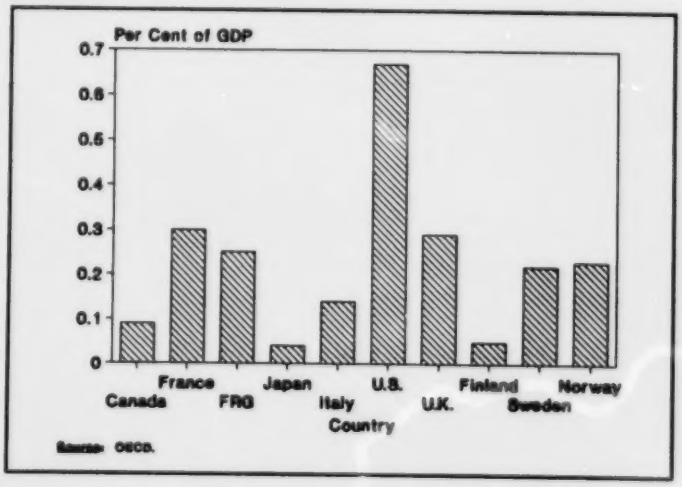
1. Company R&D funds only.
Sources: Statistics Canada, *Industrial Research and Development Statistics, 1987*, Cat. No. 88-202, September 1989.
National Science Foundation, *Research and Development in Industry: 1987*, No. 89-323, 1989.

4. The Level of Government Support to Industry

Governments in all OECD countries support, both directly and indirectly, technology and innovation. The most common indirect instrument is through some form of taxation incentive. According to a draft Conference Board of Canada study, Canada is considered to have the most generous set of R&D tax incentives among the major OECD nations.

In terms of direct government support, international comparisons are very hard to make for a number of reasons, not the least of which is the transparency of the measures used and the source of the support. According to the OECD, direct government spending on R&D in industry, which is made up of

Chart 2-7 - Government-funded Industrial R&D, Selected Countries, 1987

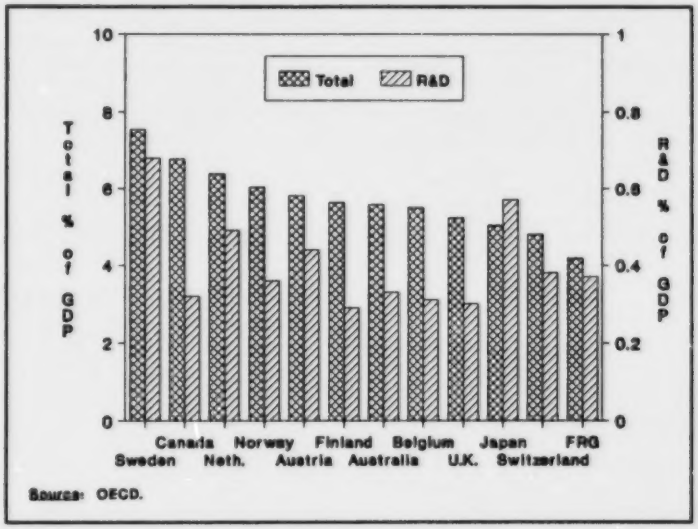


grants and contracts to the industrial sector, including defence, shows that Canada has one of the lowest levels of such spending as a percentage of GDP (Chart 2-7).

5. Expenditure on Higher Education

As a complement to the data on scientific, technical and engineering personnel (STEP) (see Chart 1-4), another input indicator is the level of expenditures devoted to higher education among the major OECD countries. Investment in human resource development is increasingly being recognized as a major determinant of future competitive strength. Chart 2-8 shows both the total investment in education and the proportion of that investment that is spent on R&D in the university sector. It suggests that the Canadian educational system is not focused on the STEP needs of the industrial sector.

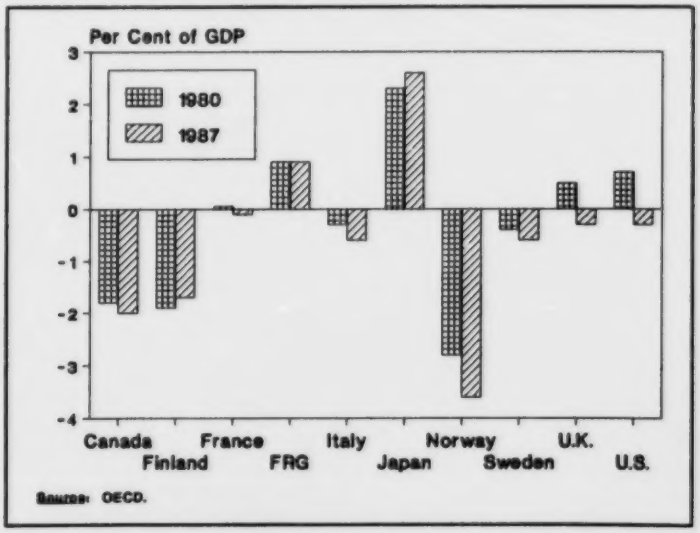
Chart 2-8 - Public Expenditures in the Education Sector, Selected Countries, 1985-86



Canada spends more on post-secondary education as a percentage of GDP than any other country (1.96 per cent). R&D spending in the higher education sector (HERD) in Canada as a percentage of GDP is about average for the major OECD countries at 0.32 per cent. While this level is below that in Sweden (0.68 per cent), Japan (0.57 per cent) and the Netherlands (0.49 per cent), it is very near the level in the U.K. (0.32 per cent), France (0.34 per cent), FRG (0.37 per cent) and the United States (0.37 per cent). Thus, Canada spends a smaller proportion of its total higher education budget on R&D than most major OECD countries.

HERD as a percentage of GERD is higher in Canada than in most other countries, reflecting a structural bias toward using the R&D capabilities of universities to make up for shortfalls in the government and industrial sectors.

Chart 2-9 - Trade Balance for Six High Technology Sectors, Selected Countries, 1980 and 1987



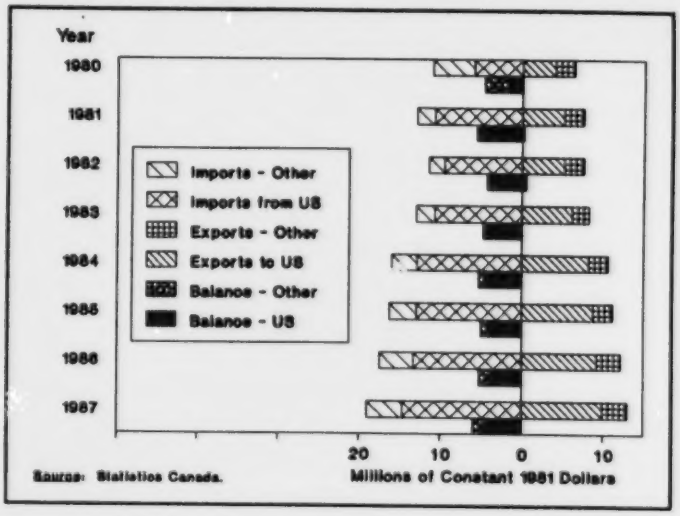
6. Input Indicators - Summary

Chart 2-9 shows that Canada has been, and continues to be, very dependent on imports of foreign technology and has a large and growing high technology trade deficit, amounting to 1.5 per cent of GDP. However, it is not alone in this regard, as France,

Italy, Norway and Sweden also increased their deficit. The United States and the U.K. went from trade surpluses in high technology products to trade deficits over the period. Japan and FRG were the major beneficiaries and the only countries operating trade surpluses. Chart 2-10 presents Canada's growth of high technology trade with the U.S., showing a relatively constant balance of trade in spite of a steady growth of both imports and exports.

The computers and related equipment product group showed the largest trade deficit in 1987, followed by the non-electrical machinery group. Canada had a trade surplus in the aerospace sector in 1986 and 1987. Canada's ratio of exports to imports has increased from 56 per cent in 1980 to 65 per cent in 1987.

Chart 2-10 - High-technology Trade between the U.S. and Canada, 1980 to 1987



Canada invests heavily in high-technology capital goods in order to improve its manufacturing competitiveness and productivity. This creates a trade deficit in high-technology, a deficit that has remained almost the same over the past seven years in constant dollar terms. The ratio of exports to imports has improved over the years or, in other words, the deficit as a percentage of imports is gradually falling. Relevant data are given in Chart 2-11.

In many cases, it is cost-effective to buy high-technology goods rather than to make them. Canadian companies must seek commercial niches in the world marketplace to remain competitive. For example, while Canada does not compete in the development and manufacture of large passenger aircraft, its aerospace industry has successfully developed its niches in the commuter and business aircraft field with the Dash 7 and 8 and the Challenger aircraft.

Chart 2-11
Trade in High Technology[1] Products, Canada, 1980 to 1987

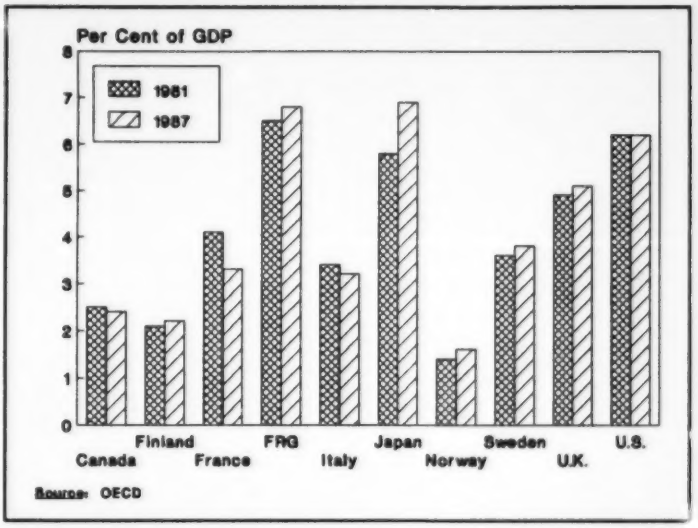
Year	Imports	Exports	Balance		Exports/ Imports
			Current Dollars	1981 Dollars	
			($ million)		
1980	10 501	5 911	4 590	4 745	0.56
1981	12 888	7 441	5 447	5 447	0.58
1982	11 953	7 723	4 230	3 909	0.65
1983	13 518	8 415	5 103	4 654	0.62
1984	17 621	11 222	6 399	5 381	0.64
1985	18 443	12 059	6 384	4 960	0.65
1986	19 885	12 874	7 011	4 983	0.65
1987	20 730	13 564	7 166	5 681	0.65

1. As defined by Statistics Canada, based on an OECD definition.
Source: Statistics Canada, *Science and Technology Indicators, 1988*, Cat. No. 88-201, March 1989.

7. High Technology Sector Performance

Chart 2-12 shows that value added from high technology industries accounts for a small component of GDP relative to that of most of our competitors. A more worrying feature is that the high technology sector in Canada has had a negative growth rate. Indeed, some figures suggest that this is a trend that has persisted over the past two decades (Chart 2-13).

Chart 2-12 - High Technology Value Added as a Percentage of GDP, Selected Countries, 1981 and 1987

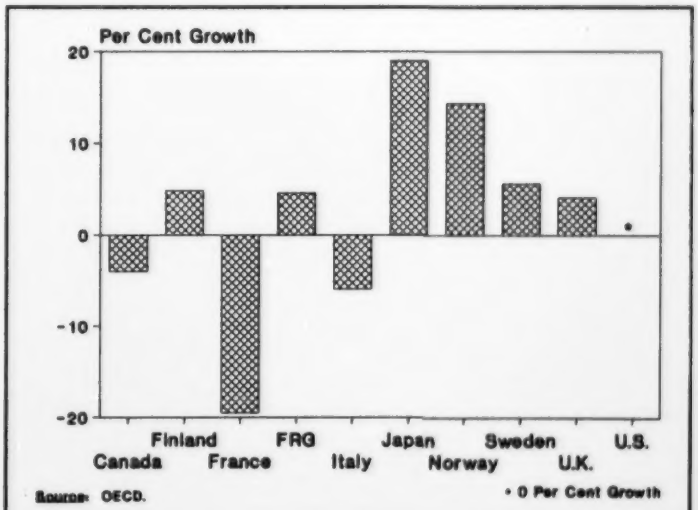


8. Scientific Literature

A recently published paper[7] compares the performance of British scientists with that of several other countries, including Canada. Performance is measured by bibliometric means, by comparing relative publication and citation rates for papers published in a large sample of academic journals widely recognized as being the most important journals in their respective fields.

These bibliometric indicators have been widely discussed and tested as being indicative of national performance. While this paper focuses on the performance of British science, the comparative data provide a measure of the health of Canadian scientific scholarship.

Chart 2-13 - Growth of the High Technology Sector, Selected Countries, 1980 to 1987



Based on papers published by authors working at Canadian institutions in approximately 3 500 journals contained in the Science Literature Indicators Database, published by the Science Citation Index for the National Science Foundation of the U.S., the study shows that Canadian papers accounted for 4.35 per cent of all papers in 1986, up from 3.92 per cent in 1981, an increase of 11 per cent. The U.S. registered a decline of 1 per cent and the U.K., a decline of 2 per cent (see Chart 2-14).

7. B. Martin, J. Irvine, F. Narin, C. Sterritt and K.A. Stevens, "Recent trends in the output and impact of British science," *Science and Public Policy* 17 (February 1990).

Chart 2-14
National Shares of World Publication Output, Selected Countries, 1981 and 1986

Country	1981	1986	Change
Canada	3.92	4.35	11
France	5.02	4.87	(3)
FRG	6.28	5.84	(7)
Japan	6.79	7.69	12
Netherlands	1.61	1.84	14
U.K.	8.34	8.19	(2)
U.S.	35.92	35.60	(1)
USSR	8.01	7.56	(6)
Other	24.10	24.08	0

Source: B. Martin *et al.*, "Recent trends in the output and impact of British science," *Science and Public Policy* 17 (February 1990).

Citation rates are a good measure of the quality of the published work and the degree to which other researchers refer to the work done. Canadian papers accounted for 4.13 per cent of all citations in 1986, up 6 per cent from 1983. The next highest growth rate was 2 per cent for Japan and the U.S. (see Chart 2-15).

Chart 2-15
National Shares of Citations, Selected Countries, 1983 and 1986

Country	1983	1986	Change
		(%)	
Canada	3.89	4.13	6
France	4.36	4.26	(2)
FRG	6.14	5.57	(9)
Japan	5.76	5.89	2
Netherlands	1.90	1.91	1
U.K.	9.21	9.13	(1)
U.S.	50.22	51.45	2
USSR	1.87	1.54	(18)
Other	16.65	16.12	(3)

Source: B. Martin *et al.* "Recent trends in the output and impact of British science," *Science and Public Policy* 17 (February 1990).

The study also compared the performance of various fields of study. For Canada, while the average percentage of papers published was 4.3 per cent of the total world's literature, clinical medicine accounted for 1.24 times the national average, indicating a strong national volume of publication in this field. Conversely, engineering accounted for only 0.53 times the national average.

Citation analysis revealed Canadian strengths in the quality of publications in biology and earth and space science (2.04 and 1.30 times the national average). Physics was considerably weaker than other fields, with a citation rate of only 0.71 times the national average (see Chart 2-16).

Chart 2-16
Canadian Output by Field (Ratio to National Average), 1986

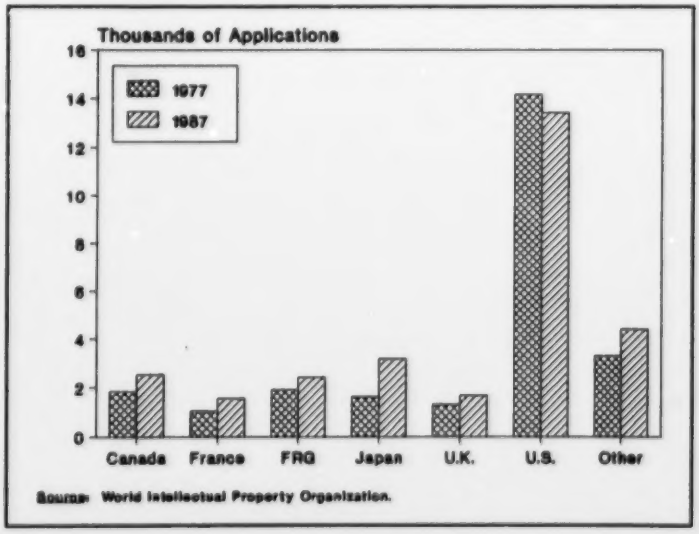
	Publications	Citations
	(national average = 1.00)	
Clinical Medicine	1.24	1.02
Biomedicine	1.07	0.85
Biology	1.05	2.04
Chemistry	0.74	1.05
Physics	0.88	0.71
Earth and Space Science	0.83	1.30
Engineering	0.53	0.98
Mathematics	1.05	1.09

Source: B. Martin *et al.* "Recent trends in the output and impact of British science," *Science and Public Policy* 17 (February 1990).

9. Patents

Canadian inventors applied for a record 2 500 patents in 1987, accounting for about 9 per cent of all applications filed in Canada (Chart 2-17). Although this share is also a record high, it is nevertheless still low by international standards. In 1986, for example, 18 of the other 23 OECD nations had domestic patent application shares larger than that of Canada. These ranged from 90 per cent (Japan) to 9 per cent (Austria), with a median of 23 per cent. Of all the major industrialized nations, only Italy (5 per cent) had a smaller proportion of domestic applications.

Chart 2-17 - Patent Applications Filed in Canada by Residents of Selected OECD Countries

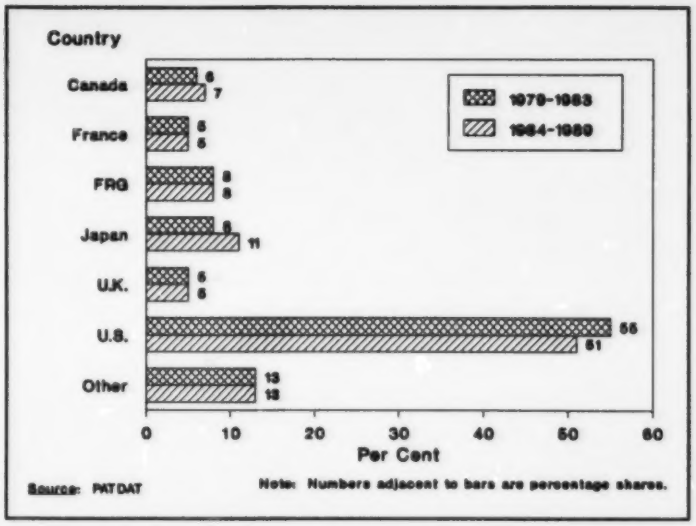


Roughly 93 per cent of the Canadian patents issued each year are awarded to inventors from other countries. This high degree of foreign dependence is quite unusual for an industrialized nation. American inventors account for more than one-half of this patented technology but their share has been rapidly declining, with Japan's emergence as an increasingly important source (Chart 2-18). Applications filed on Japanese inventions have almost doubled since 1978, and their annual patent grant has increased by some 20 per cent.

Ontario has easily and consistently outperformed all other provinces in terms of the number of patents granted to its residents. In 1987, for example, Ontarians received 554 (52 per cent) of the total 1 067 patents issued on Canadian inventions. This is more than twice the number granted to Quebec inventors and five times that issued to Albertans or British Columbians. Ontario, with expenditures of $2 724 million (in the natural sciences and engineering) or about 54 per cent of the national total of

$6 832 million, is also the leader in R&D performance.

Chart 2-18 - Canadian Patents by Country of Residence of Inventor, by Year of Grant



Having overtaken Switzerland in 1984, Canada now ranks sixth amongst OECD nations, as measured by its annual share of U.S. patents. Perhaps because of the size of the market to be gained or protected and the close proximity of the two countries, Canadian residents normally file for more patents in the U.S. than at home. Since at least 1970, they have accounted for an almost steady 2 per cent of all U.S. patents. As is to be expected, U.S. inventors claim the most patents but, in recent years, the dominance has been seriously eroded by the large increase in Japanese inventions. Patents granted on Japanese inventions have increased by 531 per cent since 1970, compared with an 8 per cent decrease in those taken out by U.S. residents. As a result, Japan's share of all U.S. patents has grown from about 4 per cent to 20 per cent and its share of foreign-origin U.S. patents from 15 per cent to 42 per cent.

With the almost 900 patents that have been assigned to its various departments and agencies between 1974 and 1987, the federal government is the largest Canadian holder of U.S. patents. Bell Canada Enterprises is a close second with about 850 patents. However, after Bell Canada, there is no other Canadian-controlled firm that has accumulated more than 200 U.S. patents.

• • •

CHAPTER 3 - THE NATIONAL R&D ENVIRONMENT

Preceding sections have focused on definitions of S&T indicators and on international comparisons. Attention is now turned to the national context. The federal government is the largest single funder and performer of R&D in Canada, so that its expenditure decisions act as signals and influence the R&D community as a whole. It is not possible to demonstrate that federal R&D expenditures lead national R&D expenditures, in that large percentage increases in federal spending in one year are not followed by increases in national spending. However, the fact that the federal government funds about 10 per cent of all industrial R&D provides it with a policy tool to lever increased industry spending.

1. Gross Expenditure on R&D

Gross expenditure on R&D (GERD) is a measure of the level of the national effort on R&D. Relative to GDP, Canada's GERD has increased in most years since 1979.

Chart 3-1
National GERD, 1982-89

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
				($ million)				
Actual Dollars	5 035	5 348	6 015	6 709	7 221	7 395	7 877	8 315
1981 Dollars	4 632	4 687	5 110	5 540	5 814	5 706	5 835	5 925[1]
				(%)				
Real Growth	8.1	1.2	9.0	8.8	5.1	(1.9)	2.3	1.0[1]
GERD/GDP	1.34	1.32	1.35	1.40	1.43	1.35	1.32	1.28[1]

1. ISTC estimate.
Sources: Statistics Canada, *Science Statistics*, 13(6)(August 1980), cat. no. 88-001.
Bank of Canada, *Bank of Canada Review*, January 1990.

2. Probable Underestimation of GERD

It appears that several *systemic errors* may lead to an underestimation of GERD. This underestimation is significant and occurs in the following areas:

- industrial processes within the industrial sector;
- activities of hospitals and health care centres; and
- research time allocated in the university sector.

Statistics Canada has estimated that approximately 13 per cent of reported industrial R&D is carried out on *industrial processes* rather than on products, with 6 per cent carried out on new industrial processes and 7 per cent carried out to improve existing industrial processes. Industry finds it easy to measure R&D carried out on products as there are usually specific cost centres set up in their accounting systems to measure the amount of money invested on a particular invention or product. These accounting systems have

been established with the view to providing the necessary audit trail for tax purposes. However, it is much more difficult to provide separate cost centres for R&D performed on industrial processes. Such R&D is often carried out "part time" and may consist of relatively small, unco-ordinated programs by plant management to improve the efficiency of their manufacturing processes.

Industrial R&D statistics are put together on the basis of a survey of all large R&D performers carried out by Statistics Canada. Based on European experience, it is probable that, if the survey were carried out on *all* enterprises (regardless of how much they spend on R&D), the number of business enterprises would double and the overall level of R&D spending would increase by 10 per cent.

Measurement of R&D in the health sector is difficult because many health professionals carry out some R&D as part of their health care activity. Informal estimates by Statistics Canada suggest that there is probably about half a billion dollars worth of R&D carried out in the health care system in the public sector. This would result in an underestimation of GERD by about 6 per cent.

Not all expenditure estimation procedures lead to underestimates; university salaries are a good example. Statistics Canada has developed a formula to estimate the percentage of time that professors and other salaried university staff spend on R&D. Some European nations assign much higher levels than Canada does to the percentage of time allocated to research by professors. Whether or not this is a reasonable reflection of actual circumstances is not known. Since salary is a major component of the university sector R&D universities, the allocation of time of professors has a major impact on the overall level of investment in R&D in the university sector. Estimates of the percentage of professorial salaries allocated to R&D range between 20 and 50 per cent, so that, given the proportion of academic salaries contained in university R&D spending, R&D estimates may contain substantial margins of error.

In summary, there may be a significant underestimation of industrial R&D and health sector R&D. Balanced against this is a possible overestimation or underestimation of university R&D. These errors are systemic; the current GERD time series reflects the continuing underestimation of R&D from the time when statistics were first collected.

3. Funders and Performers

Over the past decade, industry has steadily increased its share of both the funding and performance of Canada's R&D effort. For 1989, it is estimated that industry performed about 56 per cent of GERD and funded 42 per cent, a substantial increase over the 1979 values of 43 and 38 per cent, respectively. Concurrently, the federal performance and funding shares have declined to 17 per cent and 31 per cent, down from 23 and 35 per cent, respectively. Charts 3-2 and 3-3 illustrate the estimated funder/performer matrix for the year 1989. They demonstrate that there are substantial shifts of funds from the two levels of government to industry and universities. The provincial governments, however, transfer a much higher percentage of their R&D funding to extramural performers than does the federal government.

Chart 3-2 - Canadian R&D Spending Flows, 1989

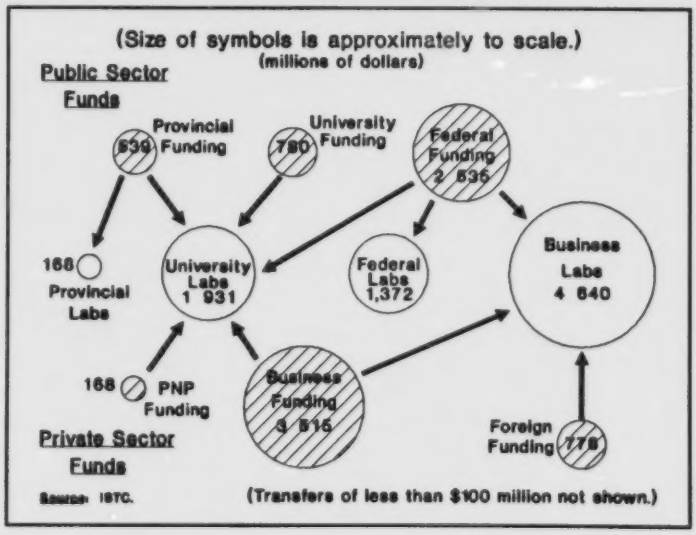


Chart 3-3
Expenditures on R&D by Funding and Performing Sectors, 1989

Funder	Performer							
	Federal	Provincial	PRO	BE	University	PNP	Total	Share
				($ million)				(%)
Federal	1 372	–	8	496	629	30	2 535	30
Provincial	–	168	53	51	244	23	539	6
PRO	–	–	2	–	–	–	2	0
BE	–	–	22	3 332	154	7	3 515	42
University	–	–	–	–	780	–	780	9
PNP	–	–	–	–	111	57	168	2
Foreign	–	–	2	761	13	–	776	9
Total	1 372	168	87	4 640	1 931	117	8 315	
Share (%)	17	2	1	56	23	1	100	100

Source: Statistics Canada, Services, Science and Technology Division, January 1990.

After substantial increases during the first half of the 1980s, there has been little or no real growth in industrial or federal support for R&D since 1985.

Although most of the R&D performed in the industrial sector is self-financed, the federal government is nevertheless an important funding source. During the 1980s, direct federal support has increased on average about twice as fast as industry's own funding. Nonetheless, the federal share is still relatively small, varying between 10 and 11 per cent during most of this decade.

4. Industrial R&D in Canada

In Canada, as elsewhere, R&D spending is heavily concentrated within a very few industrial sectors (Chart 3-4). These R&D-intensive industries depend on innovation to maintain their competitive edge. Generally, their expenditures amount to at least 3 per cent of sales. On the other hand, resource-based and other industries perform relatively little R&D.

The current expenditures (i.e., not including capital expenditure) of each industry sector as a percentage of sales is given in Chart 3-5.

Chart 3-4 - Intramural Industrial R&D, by Source of Funds, 1987

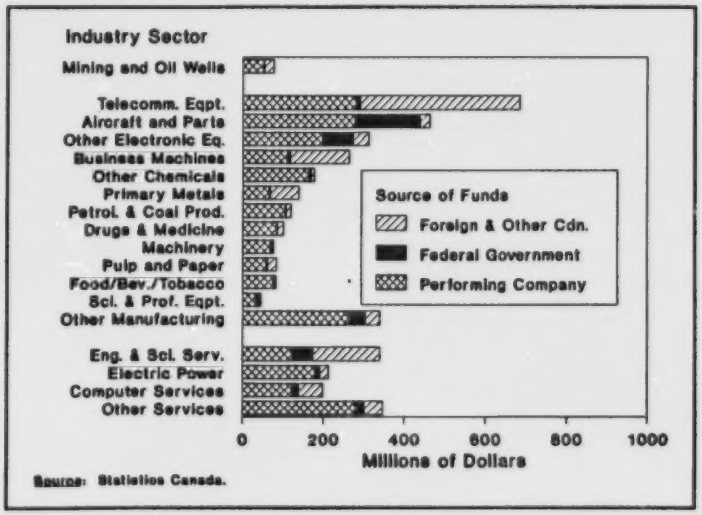


Chart 3-5
Current R&D Expenditures, 1987

Industries	R&D	Average R&D/Sales
	($ million)	(%)
Mining and Oil Wells		
Mining	43	0.6
Crude Petroleum and Natural Gas	26	0.5
Total - Mining and Oil Wells	*69*	*0.6*
Manufacturing		
Telecommunications Equipment	549	16.9
Aircraft and Parts	432	17.1
Business Machines	216	3.7
Refined Petroleum and Coal Products	105	0.5
Drugs and Medicine	95	3.5
Food, Beverages and Tobacco	70	0.2
Primary Metals (Non-ferrous)	96	1.3
Pulp and Paper	69	0.3
Machinery	72	3.2
Scientific and Professional Equipment	36	2.5
Textiles	36	1.1
Metal Fabricating	29	1.1
Electronic Parts and Components	24	5.9
Primary Metals (Ferrous)	26	0.3
Wood	22	0.6
Rubber and Plastic Products	16	0.7
Non-metallic Mineral Products	13	0.4
Other Electronic Equipment	254	12.0
Other Chemical Products	151	1.2
Other Transportation Equipment	93	0.3
Other Electrical Products	58	1.5
Other Manufacturing Industries	29	2.3
Total - Manufacturing	*2 492*	*1.5*
Services		
Engineering and Scientific Services	294	11.9
Computer Services	175	11.7
Electrical Power	170	1.0
Transportation and Other Utilities	111	0.4
Other Non-manufacturing Industries	189	0.9
Total - Services	*939*	*1.3*
Total - All Industries	**3 501**	**1.4**

Source: Statistics Canada, *Industrial Research and Development Statistics, 1987*, cat. no. 88-002, September 1989.

Most industrial R&D in Canada is performed by a small number of firms. In 1987, some 25 firms accounted for half the R&D performed, as shown in Chart 3-6. The concentration of R&D can have dramatic effects on expenditures, with the decisions of a few firms significantly altering overall R&D expenditures and industry totals.

Chart 3-6
Major Industrial R&D Performers, 1987

Rank of Performers	Total R&D Intramural Expenditures	
	($ million)	(%)
Top 10	1 506	37
Top 25	2 035	50
Top 50	2 401	59
Top 75	2 645	65
Top 100	2 808	69
All Firms	4 069	100

Source: Statistics Canada, *Industrial Research and Development Statistics, 1987*, cat. no. 88-202, September 1989.

Foreign-controlled companies are generally less R&D-intensive than their Canadian-controlled competitors. The difference is most noticeable in sectors such as machinery, transport equipment, electrical and electronic products – sectors which in other industrial nations are very R&D-intensive. Most of the foreign-controlled firms are subsidiaries of large multinationals whose parents are based in the U.S. or the U.K. Since these corporations can transfer technology fairly easily, they tend to centralize their R&D function at corporate headquarters whence they supply most of the technology requirements of their branch plants. On the other hand, in some sectors, Canadian-controlled firms are smaller, and their lower levels of sales may bias the R&D/sales ratio upward.

5. R&D Tax Expenditures

R&D tax incentives are intended to promote and enhance R&D expenditure in Canada, particularly R&D of a commercial nature, and to improve the technological competitiveness of Canadian industry. Tax expenditures represent an important and efficient mechanism for stimulating industrial R&D in Canada. They have been an integral part of the Government of Canada's overall strategy to encourage a stronger industrial R&D base.

The Scientific Research and Experimental Development program, currently in effect, was first introduced in May 1985 to replace the Scientific Research Tax Credit program, which was discontinued because of widespread abuse. R&D expenditures are defined in Revenue Canada's Information Circular No. 86-4R2; the Revenue Canada definition is similar to that used by the OECD (the *Frascati Manual*). In accord with the recommendations of the *Frascati Manual*, R&D tax benefits to industry are not considered as expenditures and, hence, are not included in the statistics of federal R&D expenditures.

Present Tax Structure

The refundability provisions of investment tax credits (ITCs) were introduced in May 1985.

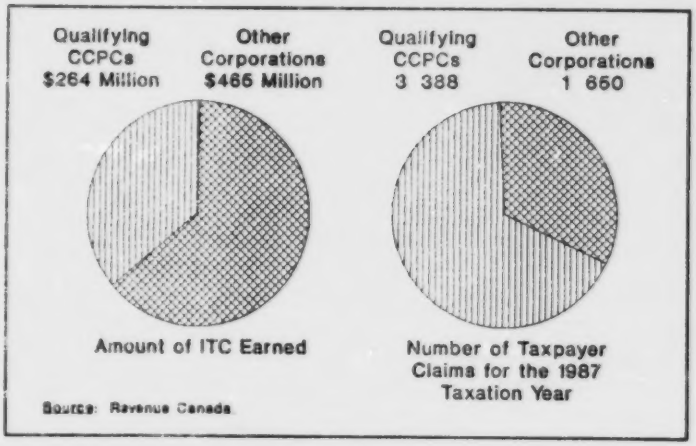
Expenditures on R&D, current and qualified capital, can be offset against taxable income. These expenditures are also eligible for ITCs. ITCs must be declared as income. The magnitude of ITCs depends on the type of entity and the location. Canadian-controlled private corporations (CCPCs) with taxable income less than $200 000 can claim 35 per cent of the first $2 million and 20 per cent of the remainder of R&D expenditures. All other entities are eligible for 20 per cent of the R&D expenditures everywhere except in the Atlantic provinces including the Gaspé peninsula, where ITCs are at the rate of 30 per cent.

CCPCs and individuals meeting certain conditions are eligible to receive a refund on unused ITCs. The amounts of refunds vary depending on the type of entity. CCPCs are refunded 100 per cent of the first $2 million of current expenditures and 40 per cent of the remainder. Individuals are eligible to receive 40 per cent of current and capital expenditures.

Prior to the introduction of the tax reform measures, large corporations were eligible to receive refunds of up to 20 per cent of the ITCs but, effective 1988, this provision is no longer in force. At the same time, the carry-forward provision of unclaimed ITCs was increased from seven to ten years. An important feature of the tax reform was to limit the ITCs claimable in any one year to 75 per cent of taxes payable. CCPCs and individuals will be exempt from this provision on the first $200 000 of taxable income.

Chart 3-7 shows some figures on R&D tax incentives for 1987 released by Revenue Canada — Taxation in a news release on December 11, 1989. It is estimated that, for 1987, tax credits of approximately $729 million were granted on the $3.8 billion of industrial R&D for that year. Since these tax credits are themselves taxable as income, the cost to the government of foregone revenue is somewhat lower.

Chart 3-7 - Investment Tax Credits, 1987



6. Diffusion of Technologies

The "Survey of Manufacturing Technologies"[8] is the second national survey of current and planned use of advanced technologies in Canada's manufacturing sector. However, unlike the first, which was restricted to large and medium-sized manufacturers, the March 1989 survey covered the full range of firm sizes.

8. Statistics Canada, "Survey of Manufacturing Technologies," *Science Statistics* 13 (9 and 10)(1989), cat. no. 88-001.

The survey found that 48 per cent of plants use at least one of 22 advanced manufacturing technologies, listed in Chart 3-8, in their factory operations. These same plants accounted for about 90 per cent of the total value of manufacturing shipments.

Chart 3-8
Percentage Use of Advanced Manufacturing Technologies, March 1989

Technology	Establishments	Shipments
	(%)	(%)
CAD and/or Engineering	17	49
CAD-CAM	7	20
CAD Output in Procurement	4	13
Flexible Manufacturing Cells or Systems	7	21
NC/CNC Machines	14	30
Materials Working Lasers	2	9
Pick and Place Robots	3	15
Other Robots	3	16
Automated Storage and Retrieval System	4	15
Automated Guided Vehicle Systems	2	9
Automated Sensor-based Equipment - I	9	31
Automated Sensor-based Equipment - II	8	35
LAN - Technical Data	11	41
LAN - Factory Use	9	37
LAN - Inter-company	10	35
Programmable Controllers	18	64
Computer-controlled Factory Floor	12	50
Materials Requirement Planning	17	49
Manufacturing Resource Planning	10	33
Computer Integrated Manufacturing	4	21
Supervisory Control and Data Acquisition	6	34
Artificial Intelligence/Expert Systems	2	7

Source: Statistics Canada, *Science Statistics* 13(9 and 10)(1989), cat. no. 88-001.

Ranked by the percentage of establishments using them, programmable controllers, computer-aided design (CAD) and/or computer-aided engineering, and materials requirement planning were the leading technologies.

Three industries (ranked either by value of shipments or by percentage of establishments) led in the use of technology: transportation equipment, primary metals, and electrical and electronic products (see Chart 1-3). Of all manufacturing industries, transportation equipment was the principal user of robots.

Manufacturers in Quebec and Ontario made the widest use of the new technologies, followed by those in Newfoundland, Saskatchewan and British Columbia. Half or more of the plants in the first two provinces used at least one of the 22 technologies (Chart 3-9).

In 32 per cent of the manufacturing plants, accounting for 67 per cent of shipments, companies made modifications to the technologies so as to improve their output.

Managers reported encountering problems in hiring people skilled in the operation of the new technologies in 54 per cent of the plants, accounting for 66 per cent of the shipments.

Comparison of the Canadian results with those of a similar, but more limited, U.S. survey indicates that, in general, Canadian manufacturers trail their American competitors in the use of advanced technologies.

Chart 3-9
Advanced Manufacturing Technology Use, by Province, March 1989

Province	Establishments using at least one AMT	Value of Shipments involving at least one AMT
	(% of total in province)	
Newfoundland	49	57
P.E.I.	31	71
Nova Scotia	32	85
New Brunswick	34	64
Quebec	54	88
Ontario	50	90
Manitoba	38	78
Saskatchewan	44	75
Alberta	37	86
British Columbia	43	86
Canada	48	88

Source: Statistics Canada, *Science Statistics* 13(9 and 10)(1989), cat. no. 88-001.

7. Regional Expenditures on R&D

Canada's R&D efforts are not spread evenly across the country. R&D expenditures tend to be concentrated in Ontario and Quebec and tend to mirror the distribution of population and industry in the country.

Although Ontario has 36 per cent of the nation's population and 39 per cent of the GDP, it has 54 per cent of the total GERD, as shown in Chart 3-10. Quebec, an industrialized province like Ontario, with 26 per cent of the nation's population and 23 per cent of its GDP, has 21 per cent of GERD.

Even greater disparities exist in the Atlantic and the western provinces. Different levels and types of R&D are carried out in each region to match the relative strengths of the industrial and resource sectors of their economies.

Besides having the largest share of federal GERD, Ontario also has the highest ratio of R&D to provincial GDP. With a GERD/GDP of 1.9 per cent in 1986, Ontario was one of two provinces where this proportion was higher than the national average of 1.41 per cent; however, the Ontario figures include most of the federal R&D spending in the National Capital Region (NCR). Four provinces had GERD/GDP ratios of less than 1 per cent: Newfoundland, New Brunswick, Saskatchewan and British Columbia.

Chart 3-10
R&D Expenditures, GDP and Population, by Province, 1987

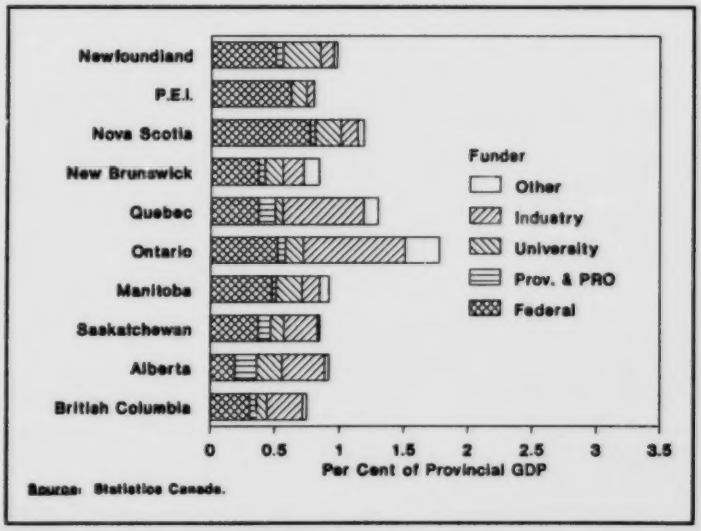
Province	GDP	Population	R&D Expenditures				
			Federal	Provincial	University	Industry and MNEs	Total
	($ billion)	(000)			($ million)		
Newfoundland	7	568	36	4	21	7	78
P.E.I.	2	127	10	–	2	1	13
Nova Scotia	13	878	103	5	27	18	159
New Brunswick	11	712	39	5	15	30	89
Quebec	132	6 593	483	175	82	931	1 713
Ontario	225	9 265	1 174	136	322	2 306	4 010
Manitoba	20	1 079	96	7	41	28	186
Saskatchewan	17	1 016	64	18	17	47	148
Alberta	59	2 378	113	100	119	204	546
British Columbia	62	2 925	190	29	49	178	459
Canada	549	25 617	2 309	479	695	3 751	7 395

Source: Statistics Canada, Services, Science and Technology Division, January 1990.

The Quebec and Ontario figures include R&D expenditures in their respective portions of the NCR. If the NCR is removed from the provincial statistics, there is little change to the Quebec figures, but Ontario's GERD/GDP drops to about 1.4 per cent.

Chart 3-11 provides a comparison of the regional importance of the various funding sources. As expected, industry is the principal funding source in both Ontario and Quebec, where it supports about 50 per cent of provincial R&D. In seven of the ten provinces, the federal government is the major contributor, its share varying between 40 per cent in British Columbia to 78 per cent in P.E.I. Only in Alberta and Quebec does the provincial government fund more than 10 per cent of regional R&D.

Chart 3-11 - Comparison of Sources of R&D Funding, by Province, 1987



Provinces where the federal government bears the largest share of R&D expenditures generally have a relatively weak manufacturing base. Hence, as explained earlier, industry is not a very significant source of R&D spending there. In these provinces, most of the federal funds are directed towards management and exploitation of the resource sector. In Nova Scotia, for example, more than one-half of the expenditures

were provided for R&D related to agriculture, fishing, and offshore oil and gas exploration. Similarly, in British Columbia, at least one-half of federal R&D spending was in support of agriculture, fishing and forestry.

8. Universities

In each province, the university sector is an important cog in the R&D system. It performs more than 20 per cent of the R&D in all provinces other than Ontario and P.E.I. and, in eight of the ten, it is the largest or second largest performer. About two-fifths of total university R&D is self-funded from general university grants (which themselves are supported through the federal post-secondary education program) and one-third is supported by the federal government directly (Chart 3-12). This, however, varies considerably from province to province. The amount of federal funds allocated to the universities of each province is closely related to the population distribution, with Ontario's universities receiving the largest share of federal funds (39 per cent), followed by Quebec's (24 per cent).

Chart 3-12
Sources of University R&D Funding, by Province, 1987

Province	Federal	Provincial	Business	Self-funded	Other	Total
			($ million)			
Newfoundland	10	-	3	21	1	35
P.E.I.	1	-	-	2	-	3
Nova Scotia	22	1	3	27	4	57
New Brunswick	10	2	2	15	-	29
Quebec	149	90	39	82	30	390
Ontario	216	64	62	322	46	710
Manitoba	24	4	2	41	10	81
Saskatchewan	20	10	3	17	2	52
Alberta	47	39	12	119	10	227
British Columbia	62	7	10	49	8	136
Canada	561	217	136	695	111	1 720

Source: Statistics Canada, Services, Science and Technology Division, January 1990.

9. Scientific, Technical and Engineering Personnel

Chart 3-13 indicates a substantial growth in the numbers of higher-degree holders in all professional occupations during the period from 1981 to 1986. The numbers have doubled in almost every occupation and in many the growth has exceeded that in total employment. As a result, the proportion of scientific, technical and engineering personnel (STEP) in the experienced labour force has increased from 2.5 per cent in 1981 to 3.0 per cent in 1986.

Chart 3-13
Experienced Labour Force 15 Years and Over by Highest Degree Obtained

Occupation	Total	Degree Holders					
		Bachelor's		Master's		Doctorate	
	(000)	(000)	(%)	(000)	(%)	(000)	(%)
Managers, Admin. and Related	1 047.8	208.4	19.9	68.2	6.5	8.6	0.8
Natural Scientists	469.3	135.0	28.8	34.8	7.4	10.6	2.3
Physical Scientists	42.9	12.4	28.8	3.6	8.5	3.6	8.3
Life Scientists	33.4	9.9	29.6	3.5	10.4	2.8	8.3
Architects and Engineers	279.3	77.1	27.6	20.8	7.4	3.2	1.2
Mathematicians, Statisticians and Systems Analysts	113.7	35.7	31.4	6.9	6.1	1.1	0.9
Social Scientists	260.8	80.5	30.9	33.5	12.8	4.0	1.5
Teachers	566.4	224.3	39.6	61.9	10.9	25.9	4.6
University Teachers	59.4	12.4	20.8	14.5	24.5	22.6	38.0
Medicine and Health[1]	635.8	66.0	10.4	10.7	1.7	4.2	0.7
Sales Occupations	1 371.5	92.0	10.9	10.0	7.3	0.8	0.6
Services Occupations	1 824.0	49.8	2.7	4.8	0.3	0.4	0.0
All Occupations	19 634.1	1 254.3	6.4	293.3	0.1	67.0	0.3

1. Includes first professional degrees (M.D., D.D.S., D.V.M., etc.) with master's and doctoral degrees.
Source: Statistics Canada, Census data.

The provincial distribution of STEP is given in Chart 3-14.

Chart 3-14
STEP, Selected Occupations, by Province, 1986 Census Data

Province	Occupation		
	Natural Scientists	Engineers and Architects	Social Scientists
Newfoundland	3 355	1 570	3 445
P.E.I.	820	325	1 055
Nova Scotia	7 630	3 660	6 600
New Brunswick	5 420	2 645	5 575
Quebec	76 830	30 500	55 155
Ontario	120 825	67 960	92 810
Manitoba	9 885	5 220	11 105
Saskatchewan	7 330	3 645	8 560
Alberta	36 360	21 760	24 325
British Columbia	28 095	15 005	30 945
Canada[1]	296 520	153 800	240 780

1. Includes Yukon and the Northwest Territories.
Source: Statistics Canada, Census data.

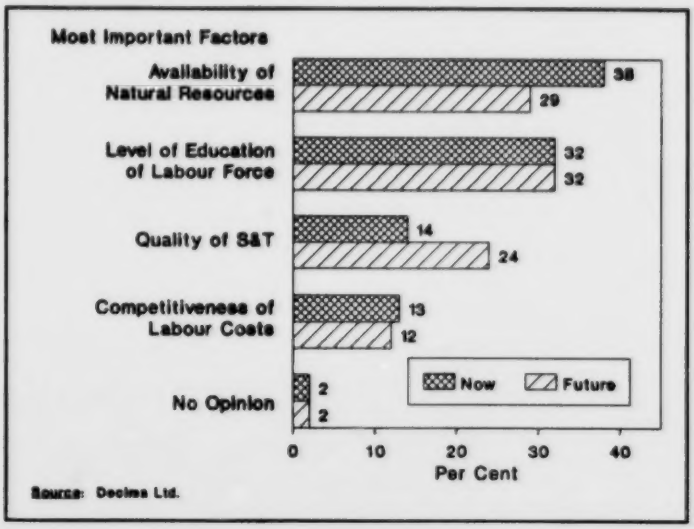
10. Canadian Attitudes Towards Science

In August 1988, Decima Ltd. carried out a survey of attitudes towards S&T as part of the measurements of the effectiveness of a Ministry of State for Science and Technology S&T awareness advertising campaign. Decima carried out its survey according to established opinion polling methodology surveying over 1 000 Canadians distributed across the country. Such surveys are said to be accurate to within 3.1 per cent 19 times out of 20.

The questions regarding attitudes towards S&T were contained in a larger survey: a sample of the relevant questions (the actual text has been edited) are listed below:

- What do you believe is the most important factor contributing to Canada's economic growth?
- What will be the most important factor contributing to Canada's future economic growth?
- If you were going to advise a young person about career choices, which would you recommend? (Choose two out of seven careers listed).
- How important is it that Canada develop its own technology?
- Do you think Canada is spending the right amount on R&D?
- How would you rate the federal government's efforts in supporting R&D?
- How active a role do you think the federal government should take in developing Canadian technology?

Chart 3-15 - What Is the Most Important Factor in Economic Growth?



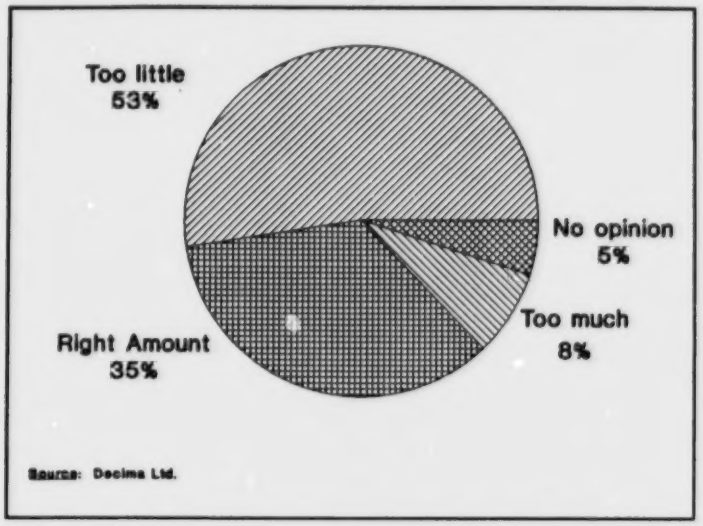
The survey results of some of these questions are shown in Charts 3-15 and 3-17.

Chart 3-16
What Careers Would You Recommend?

Career	Respondents Recommending[1]
	(%)
Computer programming	54
Medicine	37
Engineering	33
Business	24
Law	23
Teaching	19
Biology	9

1. The total adds to 200 per cent since a first and second choice were asked; only seven occupational choices were given.
Source: Decima Ltd., August 1988.

Chart 3-17 - Is Canada Spending Enough Money on R&D?



Surveys of this type can be cross-correlated with demographic variables to show to what extent the answers to the questions are strongly affected by age, sex, language, region, etc. These results are shown in Charts 3-18 to 3-20. Interestingly, age did not show a very high correlation with any of the questions. By way of example, below are comparisons of responses, by sex, to three questions.

Chart 3-18
Career Recommendations, by Sex of Respondent

Career Choice	Male	Female
	(%)	
Computer programming	48	60
Medicine	35	38
Engineering	44	22
Business	27	20
Law	21	25
Teaching	14	23
Biology	10	8

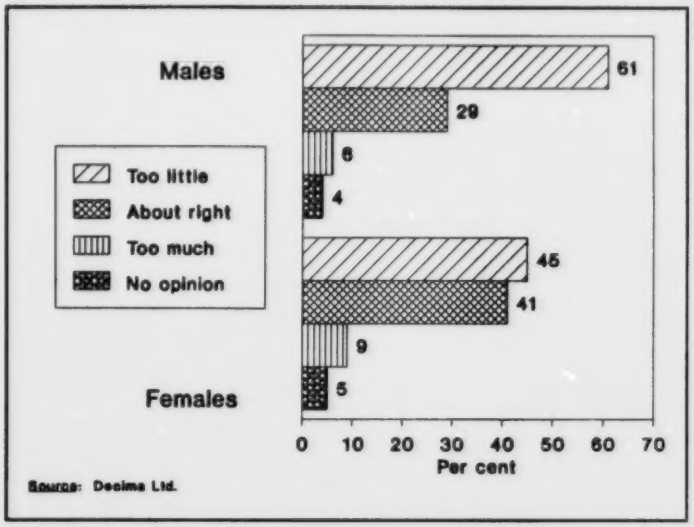
Source: Decima Ltd., August 1988.

Chart 3-19
How Important is it to Keep up with Other S&T Nations?

	Males	Females
	(%)	
Not important	4	4
Somewhat important	26	37
Very important	70	59

Source: Decima Ltd., August 1988.

Chart 3-20 - Is Canada Spending Enough Money on S&T?



The significant divergence of views on S&T issues, by sex, has important policy implications. The differences in opinions on engineering, as a career, for example, is probably closely linked to the very low female participation rate in engineering studies. If Canada is to increase (or even maintain) the number of engineers in training, it will be necessary to attract more women to the profession. Until something is done to change women's attitudes towards engineering, this is unlikely to happen.

• • •

CHAPTER 4 - HOW THE GOVERNMENT SPENDS ITS S&T BUDGET

1. Trends During the Eighties

During the eighties, federal spending on S&T has more than doubled from $2.4 billion in 1980-81 to an estimated $5.0 billion in 1989-90. Over the ten-year period, expenditures compounded at an average rate of 8.6 per cent per annum. This growth, however, was not uniform over the period. Most of the increase occurred prior to 1984-85, when expenditures grew at an annual rate of 14.2 per cent. More recently, the rate slowed to 4.4 per cent per annum (Chart 4-1).

In inflation-adjusted dollars, federal S&T expenditures have grown on average by 3.4 per cent per annum, from $2.7 billion in 1980-81 to $3.6 billion this year. Real growth has decreased from annual rates of 6.9 per cent in the first half to 0.8 per cent in the last half of the period.

S&T expenditures for 1989-90 represent about 4 per cent of total federal expenditures and about 12 per cent of the non-statutory portion. S&T's share of the non-statutory expenditures shows an increase of 1.5 percentage points over the level in 1985-86. From 1980-81 to 1984-85, S&T as a share of non-statutory expenditures recorded a 1 percentage point increase (Chart 4-1).

Chart 4-1
Federal S&T Expenditures, 1980-81 to 1989-90

	80-81	81-82	82-83	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89	89-90	Average Annual Growth Rates 80-84	84-89	80-89
	($ billion)										(%)		
Actual dollars	2.40	2.89	3.24	3.66	4.08	4.14	4.45	4.51	4.86	5.05	14.2	4.4	8.6
1981 dollars	2.66	2.89	2.98	3.21	3.47	3.43	3.60	3.49	3.62	3.60	6.9	0.8	3.4
Real growth year-to-year (%)	9.0	8.6	3.1	7.6	8.1	(1.1)	5.0	(3.0)	3.6	(0.5)	–	–	–
Non-statutory expenditures[1] (%)	8.0	8.3	9.1	9.6	9.1	10.3	10.4	9.8	10.6	11.8	–	–	–

1. Some accounting changes took place in the Public Accounts in 1985-86 and, as a result, S&T non-statutory expenditure figures for the first five years are not strictly comparable to those for the last five years.

Sources: Statistics Canada, special tabulations, July 1989.
Receiver General, *Public Accounts of Canada*, Vol. 1, 1980-81 to 1988-89.
Treasury Board, *1989-90 Estimates, Part 1, The Government Expenditures Plan*, February 1989.

Above average rates of R&D expenditures were undertaken by such major S&T funders as National Defence (ND), Regional Industrial Expansion (RIE), the Medical Research Council of Canada (MRC), the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) and National Research Council Canada (NRC) (Chart 4-2). On the other hand, the Department of Communications (Com), Atomic Energy of Canada Ltd. (AECL), Environment Canada (EC) and Fisheries and Oceans (F&O) experienced less than average expenditure growth.

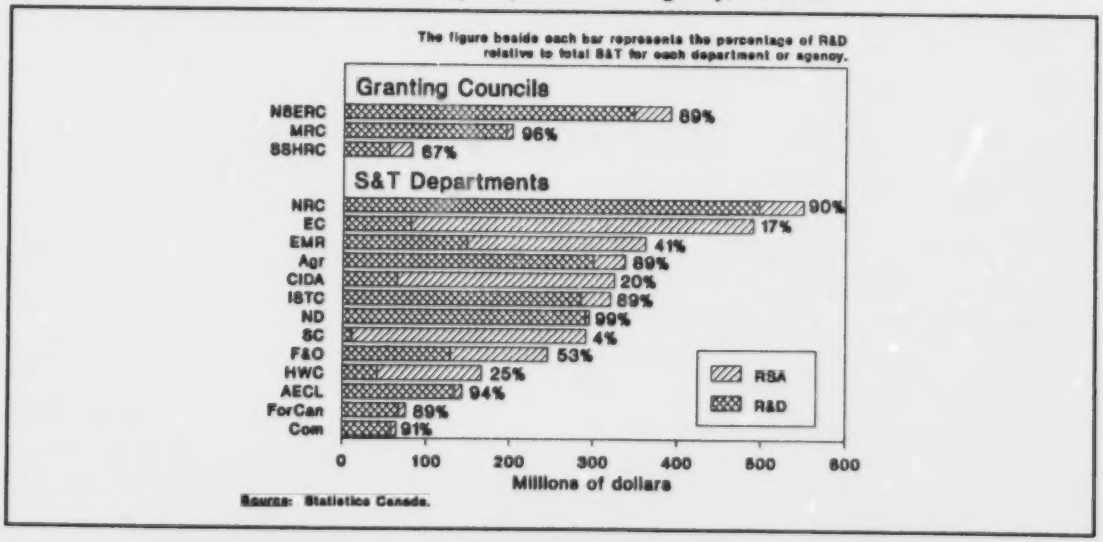
Chart 4-2
Federal S&T Expenditures, by Major Funder, 1980-81 to 1989-90

	80-81	81-82	82-83	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89	89-90	Average Annual Growth Rates 80-84	84-89	80-89
	($ million)										(%)		
Agr	183.8	210.8	236.2	354.1	390.9	405.3	408.5	312.2	329.8	337.9	20.4	(3.6)	7.0
AECL	100.9	103.4	129.6	138.0	150.3	140.1	170.8	138.7	118.8	142.6	10.5	(1.0)	3.9
CIDA	148.0	165.5	184.5	188.8	223.2	226.0	280.3	309.2	357.8	325.5	10.8	7.8	9.2
Com	67.6	90.0	103.3	86.2	94.0	77.8	66.4	64.8	65.6	65.4	8.6	(7.0)	(0.4)
EIC	17.6	19.3	21.2	22.3	23.9	26.8	39.3	64.6	64.8	66.4	7.9	22.7	15.9
EMR	194.2	232.2	256.5	288.7	337.9	387.9	397.4	383.0	383.4	362.0	14.8	1.4	7.2
EC	296.6	338.4	376.7	348.6	376.4	384.4	417.2	441.3	458.6	490.1	6.1	5.4	5.7
F&O	143.4	148.5	183.7	211.6	253.8	245.9	224.2	212.7	219.7	245.0	15.3	(0.7)	6.1
ForCan[1]	–	–	–	–	–	–	–	78.1	88.0	76.1	–	–	–
IDRC	39.8	43.0	48.2	63.7	75.7	81.8	90.8	93.7	106.2	115.2	17.4	8.8	12.5
ND	103.5	118.9	145.4	162.3	195.4	214.2	224.9	251.0	269.3	295.4	17.2	8.6	12.4
HWC	72.0	86.5	94.1	109.9	118.3	114.7	123.4	142.4	163.8	166.2	12.9	7.0	9.6
NLC	21.3	28.8	34.0	36.8	37.5	42.1	45.2	45.5	47.8	47.3	15.2	4.8	9.3
NMC	61.0	67.1	73.0	82.2	86.0	96.8	113.4	102.7	151.5	140.2	9.0	10.3	9.7
NRC	230.0	285.5	352.4	411.5	484.5	423.9	468.2	481.8	526.4	550.0	20.5	2.6	10.2
RIE	98.2	135.2	130.0	164.0	173.0	202.8	188.9	219.3	235.2	273.0	15.2	9.6	12.0
SC	157.7	246.9	208.2	229.7	249.2	262.7	360.7	287.0	281.8	290.7	12.1	3.1	7.0
NSERC	163.2	202.0	245.3	282.1	312.7	311.3	320.9	339.4	366.0	391.2	17.6	4.6	10.2
MRC	82.2	100.4	113.5	140.7	157.0	161.6	168.3	175.1	189.0	102.4	17.6	5.2	10.5
SSHRC	42.8	46.9	56.8	60.5	63.2	63.7	70.6	70.7	76.3	82.1	10.2	5.4	7.5
Other	177.1	220.7	249.3	275.9	279.3	269.8	268.4	292.6	359.6	389.3	12.1	6.9	9.1
Total	2 401.8	2 890.0	3 241.0	3 657.6	4 082.2	4 139.6	4 448.5	4 505.8	4 859.6	5 054.0	14.2	4.4	8.6

1. Expenditures for Forestry Canada are included in those for Agriculture Canada for the years 1982-83 to 1986-87 and, for the earlier period, in Environment Canada.

Source: Statistics Canada, special tabulations.

Chart 4-3 - Federal S&T Expenditures, by Department or Agency, 1989-90



R&D represents a substantial share of federal S&T expenditures. Prior to 1985, this share increased steadily from about 57 per cent in 1980 to 60 per cent by 1984. Since then, this share declined to a low of 57 per cent in 1987 and, for 1989, is estimated at a little over 58 per cent (Chart 4-4).

Nevertheless, during the eighties, federal R&D expenditures have risen, on average, at a slightly faster rate than total S&T spending. Expenditures have increased from about $1.4 billion in 1980-81 to almost $3.0 billion in 1989-90, an average annual increase of almost 9.0 per cent (3.7 per cent in real terms). As in the case of total S&T expenditures, this growth has been quite uneven, with most of it occurring prior to 1985-86 (Chart 4-5).

Most of the increase in R&D expenditures occurred in the programs administered by NRC, NSERC, National Defence, Regional Industrial Expansion, Agriculture Canada and the Medical Research Council of Canada (Chart 4-6). Together these six departments and agencies increased their expenditures by $1.1 billion and accounted for 70 per cent of the overall R&D increase. Thus, during the eighties, they expanded their share of total federal R&D expenditures from 57 per cent to 64 per cent.

Chart 4-4 - R&D Intensity of Federal S&T Program

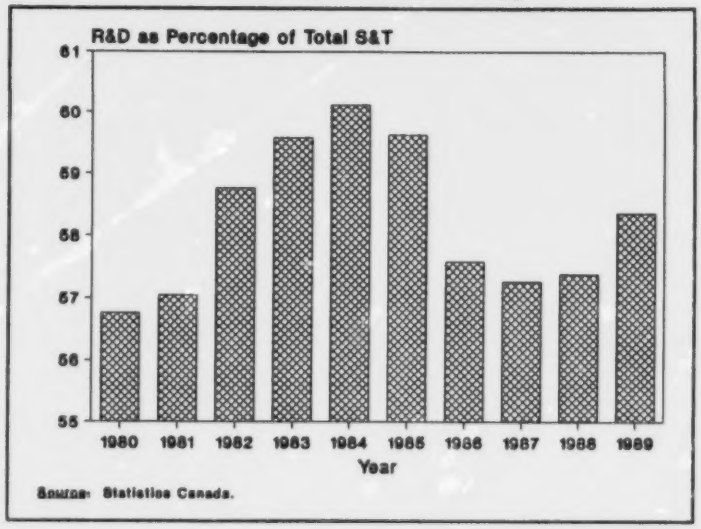


Chart 4-5 - Federal R&D Expenditures, 1980-81 to 1989-90

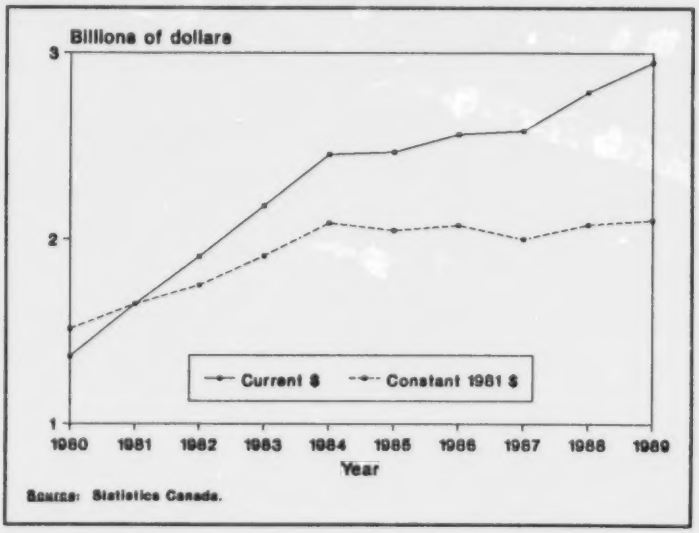


Chart 4-6
Federal R&D Expenditures, by Major Funder, 1980-81 to 1989-90

	80-81	81-82	82-83	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89	89-90	Average Annual Growth Rates 80-84	84-89	80-89
	($ million)										(%)		
Agr	162.2	186.5	209.9	312.7	347.8	367.3	372.3	286.0	297.2	299.6	21.0	(2.9)	7.1
AECL	78.8	90.7	114.1	120.7	131.7	122.8	150.8	130.6	111.8	134.2	13.7	0.4	6.1
CIDA	32.1	36.4	42.2	42.2	48.0	50.5	61.7	66.4	75.6	65.5	10.6	6.4	8.3
Com	52.7	77.8	93.7	82.9	85.7	68.3	62.9	60.9	60.5	59.5	12.9	(7.0)	1.4
EMR	84.5	108.6	118.1	135.6	155.5	179.6	182.3	146.1	164.8	149.1	16.5	(0.9)	6.5
EC	97.6	107.2	116.9	67.4	60.3	59.0	64.5	65.7	75.2	80.8	(11.3)	6.0	(2.1)
F&O	82.3	89.8	108.4	126.7	138.8	142.8	128.1	114.0	116.3	128.7	14.0	(1.5)	5.1
ForCan[1]	–	–	–	–	–	–	–	70.4	80.0	68.3	–	–	–
IDRC	33.2	37.4	41.7	52.5	59.8	64.9	74.6	77.4	87.8	95.2	15.8	9.8	12.4
ND	101.4	116.1	142.7	159.1	191.5	210.4	221.3	247.1	264.7	290.8	17.2	8.7	12.4
HWC	28.2	31.8	29.4	36.0	34.0	31.6	35.5	40.2	41.2	42.6	4.8	4.6	4.7
NMC	3.3	5.5	7.9	8.0	8.6	10.2	13.0	13.7	16.3	18.0	27.0	15.9	22.5
NRC	193.2	239.8	306.0	361.1	435.0	378.1	415.3	428.0	474.5	496.9	22.5	2.7	11.1
RIE	95.5	130.7	117.9	146.0	167.6	197.8	186.2	209.1	221.4	254.1	15.1	8.7	11.5
SC	6.4	4.0	6.0	9.2	10.6	10.9	9.3	11.0	10.5	10.8	13.4	0.4	6.0
NSERC	146.5	181.7	218.2	248.7	272.8	271.7	281.7	301.0	324.5	349.8	16.8	4.9	10.0
MRC	80.0	97.1	109.2	136.0	151.3	155.4	161.5	168.6	181.6	194.5	17.3	5.2	10.4
SSHRC	25.8	29.3	37.3	39.6	41.3	39.1	43.2	44.0	50.8	54.8	12.5	5.8	8.7
Other	58.0	76.6	85.4	94.9	113.5	107.7	97.4	100.4	134.4	159.3	18.3	7.0	11.9
Total	1 363.2	1 648.5	1 905.0	2 179.3	2 453.8	2 468.1	2 561.6	2 580.6	2 789.1	2 949.6	15.8	3.8	9.0

1. Expenditures for Forestry Canada are included in those for Agriculture Canada for the years 1982-83 to 1986-87 and, for the earlier period, in Environment Canada.

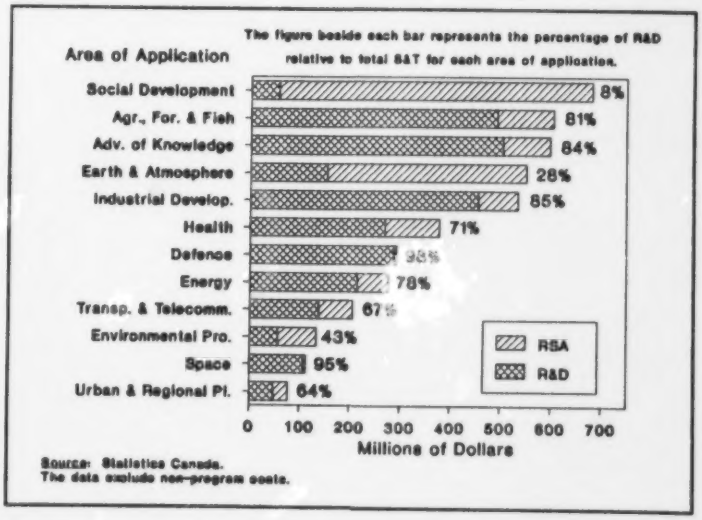
Source: Statistics Canada, special tabulations.

2. S&T Expenditures by Area of Application

Chart 4-7 shows the division of federal S&T expenditures by area of application. Social development receives almost $700 million while agriculture, forestry and fishing, and the advancement of knowledge receive $600 million each. Both the latter two applications, as well as industrial development, are the major application areas for R&D spending.

As is to be expected, departments such as Agriculture Canada, Energy, Mines and Resources, Environment Canada, Fisheries and Oceans and ISTC are the major funders in their primary areas of responsibility. In particular, the NRC supports a broad spectrum of work by area of application.

Chart 4-7 - Federal S&T Expenditures by Area of Application, 1989-90



3. Federal S&T by Performer

There are three major performers of federally funded S&T: federal laboratories (i.e., intramural), industry and Canadian universities. The federal scientific establishment is by far the largest performer and, in 1989-90, accounts for $2.9 billion or about 58 per cent of the total. The next largest share, $0.9 billion or about 17 per cent, is being spent in the industry sector. Canadian universities receive $0.8 billion (16 per cent) of all federal funding. The remaining 9 per cent is accounted for by non-profit institutions, provincial and municipal governments, foreign performers and others (Chart 4-8).

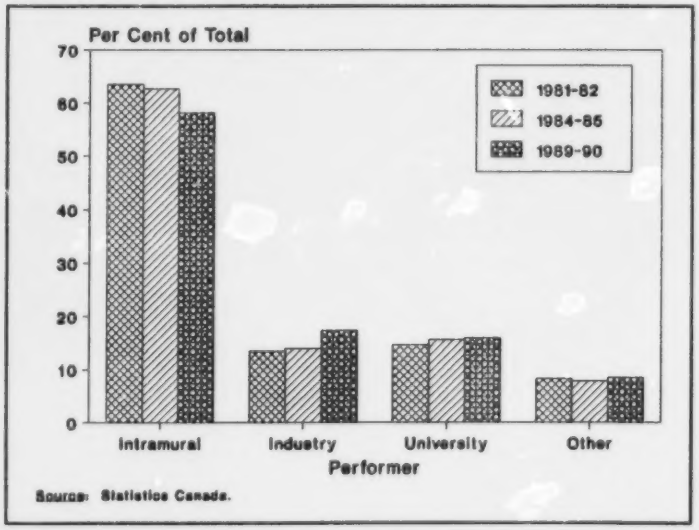
Chart 4-8
Federal Government Expenditures, by Performing Sector, 1982-83 to 1989-90

Sector of Performance	1981-82	1982-83	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	1987-88	1988-89	1989-90
					($ million)				
Intramural	1 836	2 072	2 303	2 558	2 571	2 790	2 720	2 838	2 942
Industry	389	422	488	572	611	635	702	803	872
Universities	422	499	566	636	637	663	697	769	808
Non-profit Institutions	25	30	47	44	42	53	77	89	104
Other	84	59	78	79	74	73	85	97	83
Foreign	133	160	176	194	206	235	224	263	244
Total	2 889	3 242	3 658	4 083	4 141	4 449	4 505	4 859	5 053

Sources: Statistics Canada, *Science Statistics* 13(5)(1989), cat. no. 88-001.

Intramural S&T expenditures at $2.9 billion in 1989-90 are 60 per cent (or $1.1 billion) higher than those of 1981-82. Industry and universities also recorded large increases during this period (124 per cent and 91 per cent, respectively). However, the intramural share of total S&T expenditures has declined over this nine-year period, from 64 per cent to 58 per cent. On the other hand, industry's share has increased by over 3 percentage points to 17 per cent. Universities' share has grown slightly to 16 per cent (Chart 4-9).

Chart 4-9 - Federal S&T Expenditures by Performer, 1981-82, 1984-85 and 1989-90



Intramural expenditures, which, as mentioned earlier, account for 58 per cent of the total expenditures for 1989-90, are showing an increase of 3.6 per cent (or $103 million) relative to the previous year. However, spending on R&D contracts and grants, which in total represent about 30 per cent of total S&T for 1989-90, are increasing at a faster rate than expenditures on intramural R&D. R&D contracts and grants are expected to grow by about 11 per cent and 6 per cent, respectively, in 1989-90. See Chart 4-10 for more details.

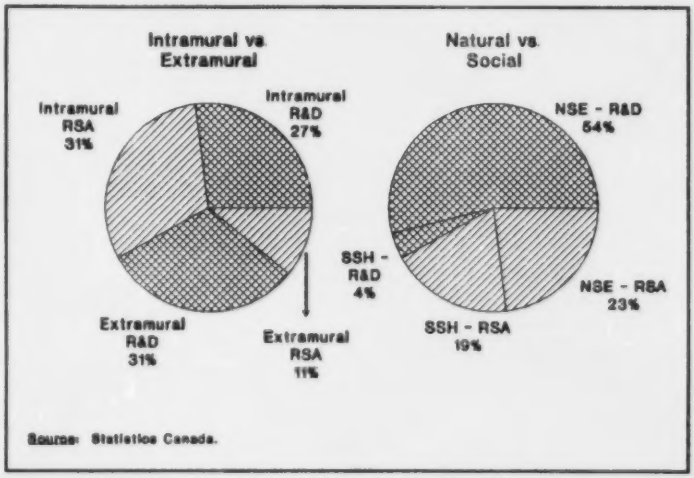
Chart 4-10
Total Federal S&T Expenditures, by Activity, 1987-88 to 1989-90

	1987-88	1988-89	1989-90	1987-88	1988-89	1989-90
		($ million)			(%)	
Extramural						
R&D Contracts	284.4	331.5	367.9	6.3	6.8	7.3
R&D Grants	963.6	1 088.2	1 150.8	21.4	22.4	22.8
R&D Fellowships	51.7	59.0	59.6	1.1	1.2	1.2
RSA	486.0	542.6	534.1	10.8	11.2	10.6
Total Extramural	1 785.6	2 021.3	2 112.4	39.6	41.6	41.8
Intramural						
Intramural R&D	1 014.0	1 037.4	1 081.7	22.5	21.3	21.4
Intramural RSA	1 298.1	1 382.2	1 406.5	28.8	28.4	27.8
Capital	281.2	285.2	313.8	6.2	5.9	6.2
Administration	126.9	133.5	139.5	2.8	2.7	2.8
Total Intramural	2 720.2	2 838.3	2 941.6	60.4	58.4	58.2
Total S&T[1]	**4 505.8**	**4 859.6**	**5 044.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**

1. Columns may not add due to rounding.
Source: Statistics Canada, *Federal Science Expenditures and Personnel, 1989-90*, June 1989.

The distribution of performance shares varies with the field of science, whether natural sciences and engineering (NSE) or social sciences and humanities (SSH), the type of activity, either R&D or related scientific activities (RSA), and the mission of the funding department or agency. Extramural programs are oriented towards R&D as opposed to such RSA as data collection, scientific information, museum services, operations and policy studies (approximately 3:1). The intramural programs, on the other hand, are more evenly split between R&D and RSA. Within RSA, the intramural share is the greatest. Since the SSH is mainly oriented towards related scientific activities, RSA accounts for the majority of SSH expenditures (about 5:1). R&D is by far the main focus of expenditures in the NSE (Chart 4-11).

Chart 4-11 - Federal S&T Expenditures, 1989-90



4. Public Service Personnel in Federal S&T Activities

Federal personnel devoted to S&T activities have declined by about 1 200 person-years over the past seven years. All of the decline took place between 1984-85 and 1986-87, when S&T personnel was reduced by about 1 900 person-years. Since then, there has been an increase of 700 person-years (Chart 4-12). The net change from 1984-85 to the present is about minus 5.1 per cent (1 815 person-years). In the May 1985 Budget, the government announced a public service downsizing program. Up until 1989-90, the net reduction in authorized person-years was 11 596 (minus 4.8 per cent). The reduction in S&T federal personnel is in line with the overall government program. Most of the decrease in S&T personnel has been

in the R&D area, with person-years devoted to R&D declining by 6 per cent from 16 383 in 1984-85 to 15 337 in 1989-90.

Chart 4-12
Federal Personnel Engaged in S&T Activities by Major Department or Agency, 1983-84 to 1989-90

	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	1987-88	1988-89	1989-90
				(person-years)			
Agr	5 636	5 550	5 213	5 019	4 018	4 032	4 009
AECL	2 665	2 649	2 562	2 603	2 562	2 442	2 489
CIDA	139	146	152	146	147	151	147
Com	613	660	409	395	434	405	415
EMR	2 661	2 718	2 783	2 712	2 662	2 675	2 602
EC	4 415	4 538	4 448	4 402	4 541	4 583	4 589
F&O	2 403	2 512	2 548	2 435	2 291	2 313	2 353
ForCan[1]	–	–	–	–	949	953	928
IDRC	266	289	284	289	293	308	308
ND	1 947	1 913	1 891	1 901	1 935	1 943	1 941
HWC	1 445	1 446	1 450	1 313	1 642	1 684	1 716
MRC	3 424	3 515	3 400	3 256	3 320	3 415	3 456
RIE	171	198	237	167	201	209	208
SC	4 651	4 596	4 569	4 416	4 383	4 225	4 104
NSERC	111	138	148	143	151	159	173
MRC	51	54	54	53	53	54	53
SSHRC	104	104	107	103	95	97	96
Other	5 058	4 777	4 629	4 584	4 157	4 385	4 400
Total	35 760	35 803	34 884	33 937	33 834	34 033	33 988

1. The Forestry program was included in Agriculture Canada for the years 1983-84 to 1986-87.
Source: Statistics Canada, *Federal Science Expenditures and Personnel, 1989-90*, June 1989.

Chart 4-13 presents a distribution by category and indicates that about one-third (11 187 person-years) of the total S&T personnel for 1989-90 are in the professional category. Although total S&T person-years have remained relatively stable over the past three years, there has been a shift from support categories, such as administrative support and operational to professional, administrative and foreign service groups.

Chart 4-13
Federal S&T Employees, by Category, 1987-88 to 1989-90

Category	R&D	RSA	AEP[1]	Total
		(person-years)		
Executive	227	553	76	856
Scientific and Professional	5 621	5 140	426	11 187
Administrative and Foreign Service	797	2 401	488	3 686
Technical	4 471	4 137	52	8 660
Administrative Support	1 651	3 950	498	6 099
Operational	2 386	896	11	3 293
Military	184	13	10	207
Total	15 337	17 090	1 561	33 988

1. AEP = administration of extramural programs.
Source: Statistics Canada, *Federal Science Expenditures and Personnel, 1989-90*, June 1989.

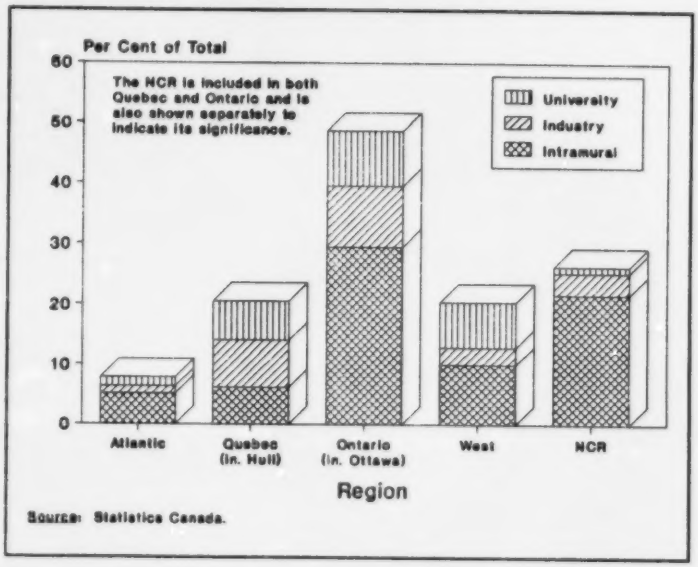
5. Regional Distribution of Federal S&T Expenditures

In 1987-88, the latest year for which regional data are available, the federal government spent $2.3 billion on R&D and $3.9 billion on S&T. Because of the way the statistics are collected, the federal expenditures for 1987-88, by region, do not add up to the $4.5 billion total reported elsewhere. The difference lies mainly in unallocated overhead costs and foreign S&T expenditures.

Almost two-thirds ($2.4 billion) of the total S&T funds for 1987-88 went to government establishments (Chart 4-15). Of this, $1.2 billion (or 48 per cent) was spent on R&D. Four departments (NRC, Agriculture Canada, National Defence and Fisheries and Oceans) accounted for 62 per cent of the total intramural R&D expenditures.

For 1987-88, Ontario was the largest recipient of federal S&T funds (53 per cent) and Quebec was the second largest (Charts 4-14 and 4-15). Ontario expenditures were affected by a strong federal presence in the National Capital Region (NCR).

Chart 4-14 - Federal R&D Funding by Region and by Sector of Performance, 1987-88



Ontario, excluding the NCR, received 17 per cent of the total federal S&T expenditures in 1988. Quebec had a 20 per cent share, the western provinces, 19 per cent, and the Atlantic provinces, 8 per cent. About 36 per cent of total federal S&T expenditures for 1987-88 were in the NCR. Spending in the NCR was for programs that were national in scope.

Quebec had the largest single increase, with expenditures up 12.5 per cent over fiscal 1987 in S&T spending in the natural sciences and engineering. It also received 51 per cent of all federal grant to industry for R&D and 36 per cent of all industrial R&D contracts, while Ontario (excluding the NCR) received 29 per cent of the grants and 29 per cent of the contracts to industry.

British Columbia, Quebec and Ontario (excluding the NCR) were the only regions in which less than half of the federal S&T expenditures were allocated to intramural performers. The NCR, Yukon, the Northwest Territories, Nova Scotia, Newfoundland, Manitoba and New Brunswick were, on the other hand, very dependent on federal intramural activities: each of these regions had more than two-thirds of federal expenditures earmarked for intramural programs.

Chart 4-15
Federal S&T Expenditures, by Region and by Performer, 1987-88

Region	Intramural	Extramural			Total	Share of Total
		Industry	University	Other		
			($ million)			(%)
Newfoundland	50	5	10	4	69	2
P.E.I.	8	6	1	1	16	0
Nova Scotia	131	24	23	5	183	5
New Brunswick	37	5	9	4	56	1
Quebec (including Hull)	314	240	190	33	777	20
Ontario (including Ottawa)	1 495	285	259	57	2 097	53
Manitoba	93	16	25	5	139	4
Saskatchewan	51	13	20	6	91	2
Alberta	104	23	56	6	190	5
British Columbia	136	54	99	12	301	8
Yukon and N.W.T.	23	2	–	4	29	1
Canada	2 443	674	693	138	3 948	100
NCR	1 289	95	30	15	1 429	36

Source: Statistics Canada, *Science Statistics* 13(1)(1989), cat. no. 88-001.

Federal grants and contracts for R&D to industry in the natural sciences amounted to some $500 million in 1987-88. About three-fifths ($298 million) was grants, with the majority directed to Quebec. Contracts amounted to $200 million and Ontario received 60 per cent of this (Chart 4-16).

Chart 4-16
Federal Government Grants and Contracts for R&D to Industry in the Natural Sciences, 1987-88

Region	Grants		Contracts		Grants and Contracts	
	Value	Share of Total	Value	Share of Total	Value	Share of Total
	($ million)	(%)	($ million)	(%)	($ million)	(%)
Newfoundland	1.0	0.3	1.8	0.9	2.8	0.6
P.E.I.	3.1	1.0	0.3	0.1	3.4	0.7
Nova Scotia	7.7	2.6	6.9	3.4	14.6	2.9
New Brunswick	1.9	0.6	0.9	0.4	2.8	0.6
Quebec (including Hull)	151.8	51.0	28.4	14.0	180.2	36.0
Ontario (including Ottawa)	104.7	35.2	124.2	61.2	228.9	45.7
Manitoba	3.2	1.1	9.2	4.5	12.4	2.5
Saskatchewan	3.9	1.3	7.5	3.7	11.4	2.3
Alberta	5.5	1.8	7.5	3.7	13.0	2.6
British Columbia	14.7	4.9	16.1	7.9	30.8	6.2
Yukon and N.W.T.	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0
Total	297.6	100.0	202.9	100.0	500.5	100.0
NCR	18.6	6.3	62.9	31.0	81.5	16.3

Source: Statistics Canada, *Science Statistics* 13(1)(1989), cat. no. 88-001.

6. Regional Distribution of Federal Personnel

About three-quarters of the public servants engaged in S&T activities are in Ontario and Quebec. British Columbia, Nova Scotia, Manitoba and Alberta account for almost 20 per cent. Seven departments employ 70 per cent of these personnel and four of the 52 departments that are involved in S&T activities account for almost one-half of the public servants engaged in S&T (Chart 4-17).

Chart 4-17
Federal S&T Employees, by Region and by Selected Departments, 1987-88

Region	EC	SC	Agr	MRC	EMR	AECL	F&O	Other	Total	Share of Total
					(person-years)					(%)
Newfoundland	85	25	33	65	–	–	278	70	556	1.6
P.E.I.	18	–	107	1	–	–	7	6	139	0.4
Nova Scotia	428	48	140	92	134	–	656	235	1 733	5.1
New Brunswick	108	–	142	3	–	–	169	159	5811.7	
Quebec (in. Hull)	893	61	413	313	4	–	176	2 186	4 046	12.0
Ontario (in. Ottawa)	1 404	4 116	1 706	2 598	2 213	1 793	372	6 704	20 906	61.8
Manitoba	291	37	360	21	2	769	137	26	1 643	4.9
Saskatchewan	248	–	374	122	4	–	–	7	755	2.2
Alberta	473	45	477	3	208	–	–	306	1 512	4.5
B.C.	431	51	266	102	77	–	495	328	1 750	5.2
Yukon and N.W.T.	162	–	–	–	21	–	–	27	210	0.6
Canada	4 541	4 383	4 018	3 320	2 663	2 562	2 290	10 054	33 831	100.0
Share of Total (%)	13.4	13.0	11.9	9.8	7.9	7.6	6.8	29.7	100.0	–
NCR	282	4 918	1 365	2 576	2 187	205	207	6 979	17 820	52.7
NCR as Share of Total (%)	0.8	11.9	4.0	7.6	6.5	0.6	0.6	20.6	52.7	–

Source: Statistics Canada, *Federal Government Science Expenditures by Region, 1982-83 to 1987-88*, June 1989.

* * *

Revue de l'analyse économique des sciences et de la technologie

Division de l'analyse économique (S-T)
Direction générale de la compétitivité industrielle
Secteur de la politique
INDUSTRIE, SCIENCES ET TECHNOLOGIE CANADA

MARS 1990

REMERCIEMENTS

Un document comme celui-ci est le fruit de la collaboration de bien des gens et de bien des organismes.

La plupart des statistiques canadiennes ont été recueillies par Statistique Canada et elles ont été traitées par la Division des services, des sciences et de la technologie de ce ministère sans l'aide duquel une analyse quantitative n'aurait pas été possible.

Nous tenons par ailleurs à remercier le secrétariat de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et notamment la Division des indicateurs scientifiques, technologiques et industriels qui est en contact avec les organismes statistiques de tous les pays membres de l'OCDE.

De nombreux services différents d'Industrie, Sciences et Technologie Canada (ISTC) ont participé à la préparation de la présente brochure qui est une publication collective de la Division de l'analyse économique (S-T). Les employés du secteur des sciences utilisant souvent ces informations ont collaboré tant collectivement qu'individuellement en nous faisant part de leurs idées et de leurs commentaires fort utiles. En outre, nous remercions la Direction générale des communications de nous avoir aidé à réviser et à mettre au point le présent document.

Division de l'analyse économique (S-T)
Direction générale des politiques concernant la compétitivité industrielle
Secteur de la politique

mars 1990

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1 - INDICATEURS DU RENDEMENT TECHNOLOGIQUE ET ÉCONOMIQUE .. 1

1. Le Canada et l'économie internationale 1
2. Le lien entre la R-D et la croissance économique 2
3. Cadre de l'analyse de l'affectation des ressources en matière de S-T 3
4. Indicateurs du rendement technologique 4
5. Indicateurs d'intrants 5
6. Mouvements invisibles de technologie 8
7. Indicateurs d'extrants 8
8. Conclusion 9

CHAPITRE 2 - COMPARAISONS INTERNATIONALES 10

1. Dépenses en matière de R-D 10
2. Dépenses du secteur public 11
3. R-D industrielle. 12
4. Niveau de l'aide gouvernementale à l'industrie 14
5. Dépenses dans le secteur de l'enseignement supérieur 14
6. Indicateurs d'intrants - Sommaire 15
7. Rendement du secteur de la technologie de pointe 16
8. Publications scientifiques 17
9. Brevets 19

CHAPITRE 3 - LA R-D À L'ÉCHELLE NATIONALE 21

1. Dépenses intérieures brutes en matière de R-D 21
2. Sous-estimation probable des DIRD 21
3. Organismes de financement et exécutants 22
4. R-D industrielle au Canada 23
5. Dépenses fiscales en matière de R-D 25
6. Diffusion des technologies 27
7. Dépenses régionales en matière de R-D 28
8. Universités 30
9. Personnel scientifique, technique et d'ingénierie 30
10. Attitude des Canadiens à l'égard des sciences 32

CHAPITRE 4 - RÉPARTITION DU BUDGET FÉDÉRAL EN MATIÈRE DE S-T 35

1. Tendances au cours des années 1980 35
2. Dépenses en matière de S-T par secteur d'application 38
3. S-T du gouvernement fédéral par exécutant 39
4. Employés de la Fonction publique affectés aux activités de S-T du gouvernement fédéral ... 41
5. Répartition régionale des dépenses fédérales en matière de S-T 42
6. Répartition régionale du personnel du gouvernement fédéral 44

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACDI	Agence canadienne de développement international
Agr	Agriculture Canada
ASC	activités scientifiques connexes
BNC	Bibliothèque nationale du Canada
CNRC	Conseil national de recherches du Canada
CRDI	Centre de recherches sur le développement international
CRM	Conseil de recherches médicales du Canada
CRSH	Conseil de recherches en sciences humaines du Canada
CRSNG	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
DIRD	dépenses intérieures brutes en recherche-développement
DIRDE	dépenses intérieures brutes de R-D du secteur des entreprises
DIRDES	dépenses intérieures brutes en recherche-développement dans le secteur de l'enseignement supérieur
DN	Défense nationale
É.-U.	États-Unis
EACL	Énergie atomique du Canada Limitée
EC	Environnement Canada
EIC	Emploi et Immigration Canada
EIR	Expansion industrielle régionale
EMR	Énergie, Mines et Ressources Canada
ForCan	Forêts Canada
G-7	pays du Groupe des Sept (OCDE)
G.-B.	Grande-Bretagne
ISTC	Industrie, Sciences et Technologie Canada
MNC	Musées nationaux du Canada
OCDE	Organisation de coopération et développement économiques
OPR	organismes provinciaux de recherches
OSBL	organismes sans but lucratif
P&O	Pêches et Océans
PIB	produit intérieur brut
PSTI	personnel scientifique, technique et d'ingénierie
R-D	recherche-développement
RCN	région de la Capitale nationale
RFA	République fédérale d'Allemagne (Allemagne de l'Ouest)
S-T	sciences et technologie
SBSC	Santé et Bien-être social Canada
SH	sciences humaines
SNG	sciences naturelles et génie
SC	Statistique Canada

CHAPITRE 1
INDICATEURS DU RENDEMENT TECHNOLOGIQUE ET ÉCONOMIQUE

La Revue de l'analyse économique des sciences et de la technologie est un compendium des questions sur les sciences et la technologie (S-T) choisies par la Division de l'analyse économique (S-T) de Industrie, Sciences et Technologie Canada (ISTC), selon des données provenant de différentes sources. Cette publication se veut un outil de référence pratique pour l'analyse quantitative et qualitative de la politique scientifique et technologique.

1. Le Canada et l'économie internationale

Au début de la dernière décennie du vingtième siècle, le Canada entre dans une nouvelle étape de son développement économique et il fait face à des défis de taille en raison de l'évolution économique mondiale.

Le Canada est un pays commerçant important. Son produit intérieur brut (PIB) compte davantage sur le commerce extérieur que celui de la plupart des autres pays membres de l'Organisation de coopération et développement économiques (OCDE). Depuis le milieu des années 1960, et surtout depuis la signature d'une entente prévoyant des réductions tarifaires dans le cadre des négociations Kennedy de l'Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce, le commerce international a pris beaucoup d'ampleur et, toutes proportions gardées, sa progression a été plus rapide que celle de la production mondiale. Les exportations représentent plus d'un quart du PIB du Canada. Le Canada doit par conséquent demeurer compétitif par rapport à ses partenaires internationaux de façon à maintenir le niveau de vie auquel les Canadiens se sont habitués.

L'évolution rapide qui se produit depuis une vingtaine d'années dans le domaine des sciences et de la technologie a donné naissance à de nouveaux produits et services et bien d'autres devraient apparaître à moyen terme. Certains, mais pas tous, ouvriront de nouveaux créneaux à l'industrie canadienne. Ainsi, de façon réaliste, il faut reconnaître que les perspectives semblent limitées dans le domaine des appareils électroniques grand public tandis que dans d'autres secteurs comme ceux du matériel de télécommunications, des logiciels et de la biotechnologie, où la capacité du Canada a atteint ses limites technologiques, ou presque, les possibilités sont bien plus importantes. Par ailleurs, des technologies de pointe ont été appliquées dans plusieurs secteurs économiques traditionnels, comme le secteur des ressources et celui de l'automobile, ce qui a contribué largement à faire baisser les coûts et à améliorer la qualité des produits ainsi que le rendement. Les entreprises qui ont réussi à appliquer de nouvelles techniques à leurs procédés de production sont devenues plus compétitives.

Même si le rendement économique du Canada a été relativement bon ces derniers temps, il repose toujours surtout sur d'autres secteurs que les industries de technolgie de pointe qui progressent à un rythme accéléré et qui seront une source importante de richesses au cours du XXI^{e} siècle. Même si les échanges de biens relevant des secteurs de pointe ne représentent qu'une faible proportion de l'ensemble des échanges commerciaux mondiaux, c'est le secteur de la « technologie de pointe » qui connaîtra vraisemblement une forte croissance. Pourtant, le Canada exporte surtout des produits des industries d'extraction qui sont menacées par la chute des prix, par l'apparition de nouvelles sources d'approvisionnement ou de produits de remplacement ou encore par les problèmes de gestion des ressources. À brève et à moyenne échéance, les nouvelles techniques permettront probablement aux secteurs traditionnels canadiens de devenir plus compétitifs. Les entreprises canadiennes doivent s'efforcer davantage d'appliquer les techniques les plus efficaces et de mettre au point des procédés de production plus originaux afin d'exploiter le capital-ressources du Canada.

Comme il ne peut pas compter sur ses ressources pour maintenir le rythme de croissance auquel il était habitué, le Canada doit diversifier son économie. Si, proportionnellement à sa population active, les exportations du Canada dans le domaine de la technologie de pointe correspondent en gros à la moyenne des pays de l'OCDE, elles ont toutefois tendance à diminuer, surtout depuis que les Japonais gagnent de plus en plus de terrain. Les investissements du Canada dans le domaine de l'innovation sont par ailleurs modestes par rapport à ceux des autres pays de l'OCDE. Cette situation est due en partie à ce que l'économie canadienne en est une de succursales et qu'elle repose sur l'exploitation des ressources, et souligne la nécessité pour le Canada de se soucier davantage de son évolution technologique. Il ne suffit toutefois pas de faire de la recherche et du développement (R-D). Le lien entre la technologie et l'enrichissement est une relation complexe qui ne peut s'expliquer par un simple lien de cause à effet.

Un pays peut constituer son capital technologique de plusieurs façons : en réalisant des travaux de R-D, en achetant de la technologie et en achetant des biens d'équipement à technologie intégrée. Le Canada consacre plus de 8 milliards de dollars à la R-D, mais seulement la moitié de cette somme est investie directement dans la R-D industrielle. Le reste de cette somme, même s'il contribue sans conteste à accroître nos connaissances, n'a aucun lien direct avec la production de richesses. En plus de consacrer environ 4,5 milliards de dollars à la R-D industrielle, le Canada achète des idées sous forme de brevets et de redevances, leur coût annuel net d'importation s'élevant à environ 150 millions de dollars, et de technologie intégrée à des biens dont la valeur nette d'importation est évaluée annuellement à environ 700 millions de dollars. Ces deux dernières solutions présentent toutefois peu de risques technologiques et produisent généralement des richesses dont la valeur dépasse largement le coût. Le Canada exporte également de la technologie et des idées. En effet, le « déficit commercial dans le secteur de la technologie de pointe » est faible par rapport au volume actuel des importations et des exportations.

2. Le lien entre la R-D et la croissance économique

Mansfield[1] et bien d'autres auteurs ont démontré que la croissance des économies intérieures se fondait dans une large mesure sur la rapidité du progrès technique. Robert Solow a récemment reçu le Prix Nobel d'économie pour ses travaux originaux, prouvant que le facteur clé de la croissance économique est la technologie et non le capital. La relation entre l'importance des investissements technologiques, surtout dans la recherche fondamentale, et l'accroissement de la productivité réalisé par les économies industrielles mûres fait dorénavant partie intégrante de la théorie économique.

Même si la R-D n'a peut-être qu'une influence directe restreinte sur la création de richesses, elle a beaucoup plus de répercussions indirectes. Bernstein[2] a calculé que les retombées sociales des dépenses consacrées à la technologie sont nettement supérieures au taux de rendement direct. Par conséquent, il ne faut pas prendre à la légère les dépenses faites en matière de R-D.

À l'instar du progrès économique, le progrès technologique peut s'accroître rapidement si les conditions suivantes sont favorables :

- Un *milieu macro-économique* encourageant les investissements dans les activités innovatrices est essentiel. Le taux d'imposition doit être concurrentiel. Les économies doivent être importantes pour que le coût en capital reste peu élevé. La gestion macro-économique doit inspirer confiance.

---

1. E. Mansfield, « R&D's Contribution to the Economic Wealth of the Nation », *Research Management* 15 (1972) : 31-46.

2. Jeffrey I. Bernstein, *Interindustry R&D Spillovers, Private and Social Rates of Return to R&D Capital*, document préparé pour le Conseil des sciences du Canada, février 1988.

- Des investissements dans les *ressources humaines* dès la petite enfance et tout au long de la vie active sont importants. Une meilleure sensibilisation aux sciences et à la technologie au niveau élémentaire permettrait de les démystifier et de les appuyer. Les travailleurs doivent être capables de se soumettre à une formation et à un recyclage techniques pendant toute leur vie.

- L'accent doit être mis sur l'*« attirance du marché »*. L'expérience montre que rien ne remplace la vraie demande sur un marché véritable.

- Enfin, un pays relativement petit comme le Canada doit exceller dans l'*acquisition* et la *diffusion* de technologies et de procédés perfectionnés.

Une analyse de la politique en matière de S-T exige un minimum de données systématiques servant de fondement aux discussions entourant la question.

> *Essayer d'adhérer à une politique scientifique, de fixer des objectifs et de calculer le coût d'objectifs de rechange, sans l'aide de statistiques, équivaut à vouloir pratiquer une politique de plein emploi sans statistiques sur les investissements ou sur l'emploi. C'est pratiquement tenter l'impossible. Sans statistiques, les chances de prendre des décisions sensées sont très minces.*[3] [Traduction]

3. Cadre de l'analyse de l'affectation des ressources en matière de S-T

L'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) définit la science et la technologie (S-T) comme suit : *un ensemble d'activités systématiques étroitement liées à la production, à la diffusion et à l'application de connaissances scientifiques et techniques dans tous les domaines des sciences et de la technologie* [Traduction]. Cette définition englobe la R-D, la formation technique et les services se rattachant à la S-T comme les bibliothèques techniques et la collecte régulière de données.

Les dépenses liées à la S-T peuvent être divisées en deux secteurs principaux : celui de la recherche et du développement et celui des activités scientifiques connexes. La définition de la R-D du *Manuel de Frascati* publié par l'OCDE est celle adoptée par le gouvernement du Canada. Il s'agit *...des travaux de création entrepris de façon systématique en vue d'accroître la somme des connaissances, y compris la connaissance de l'homme, de la culture et de la société, ainsi que l'utilisation de cette somme de connaissances pour de nouvelles applications.*[4]

La R-D comprend la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le développement expérimental. Ces trois activités, et tout particulièrement la dernière, jouent un rôle important dans le processus d'innovation.

Les activités scientifiques connexes désignent les activités qui complètent ou élargissent le champ de la R-D en contribuant à l'acquisition, à la diffusion et à l'application des connaissances technologiques. Contrairement à la R-D, ces activités ne sont pas créatrices. La majeure partie du coût de ces activités est attribuable à la collecte de données, ainsi qu'au traitement et à la diffusion des renseignements. Ceux-ci sont utilisés dans toutes sortes de domaines, tant dans le secteur public que privé. Ils servent notamment à la planification économique, financière et commerciale ainsi qu'à la gestion des ressources naturelles et de l'environnement.

---

3. C. Freeman, « Science and Economy at the National Level », *Problems of Science Policy*, (Paris : OCDE, 1968), p. 58.

4. *La mesure des activités scientifiques et techniques [Manuel de Frascati]*, (Paris : OCDE, 1981), p. 13.

Pour bien comprendre la R-D et son rôle dans l'élaboration d'une politique en matière de S-T, il faut l'examiner en fonction des organismes qui financent et exécutent la R-D (classification institutionnelle) et en fonction de la nature des programmes de R-D mis en œuvre (distribution fonctionnelle). Le système de la classification institutionnelle permet aux analystes d'observer la différenciation des rôles, tandis que le système de distribution fonctionnelle porte surtout sur le caractère de la R-D. Cependant, la R-D n'est qu'*un* des aspects du processus d'innovation. Aussi, existe-t-il des limites à l'utilisation des indicateurs servant à évaluer les répercussions de la R-D sur le processus d'innovation.

Le gouvernement fédéral, l'industrie privée et les universités sont les principaux participants dans ce domaine. En plus d'être celui qui consacre les sommes les plus importantes à la R-D, le gouvernement fédéral la finance aussi indirectement par le biais de la fiscalité. Viennent s'ajouter à ces principaux participants, les gouvernements provinciaux, les organismes provinciaux de recherche, les organismes sans but lucratif ainsi que des organismes étrangers dont le rôle est important, selon les statistiques.

Si le présent rapport traite davantage de la R-D que de l'innovation, c'est surtout en raison de la quantité de données disponibles à leur sujet que de leur importance relative. Il serait souhaitable que les systèmes de mesure de l'innovation s'améliorent bientôt pour donner une meilleure idée de l'incidence des sciences et de la technologie sur la création de richesses.

4. Indicateurs du rendement technologique

Tous les pays industrialisés mobilisent de plus en plus de ressources, tant dans le secteur public que privé, pour améliorer leur compétitivité. Dans ce contexte, l'accent a surtout été mis sur l'innovation et sur les investissements dans la technologie. Par conséquent, l'évaluation des répercussions du rendement technologique sur la compétitivité internationale et sur la croissance économique présente un intérêt considérable pour ceux qui prennent les décisions. La relation entre le rendement technologique et la compétitivité est valable à deux points de vue : même si la compétitivité industrielle est fondée, entre autres choses, sur les capacités technologiques d'un pays, le rendement technologique peut également être déterminé à son tour, en partie du moins, par des facteurs généraux rattachés à la compétitivité industrielle comme le climat commercial, le coût et les possibilités de financement ainsi que la compétence des travailleurs. Il faut donc tout simplement éviter de tirer des conclusions et de mettre en œuvre certaines politiques en se fondant sur les résultats d'une telle analyse.

Même s'il faut considérer la politique en matière de S-T comme un sous-ensemble distinct de l'activité économique, il est difficile de mettre en corrélation les *intrants* et les *extrants* économiques de la S-T. Comme il est difficile d'appliquer des valeurs numériques aux extrants de la S-T et que la « valeur » du produit final résulte de la combinaison de nombreux intrants, la recherche scientifique ne représentant qu'un seul d'entre eux, la « comptabilité scientifique » doit être davantage perçue en fonction de la façon de distribuer les ressources entre les différentes catégories de dépenses scientifiques qu'en matière d'« intrants et extrants ».

Si la façon la plus simple d'évaluer les activités de S-T consiste à mesurer les ressources humaines et financières qui leur sont consacrées, les résultats ne reflètent cependant pas la qualité du travail et ne permettent pas davantage de faire la comparaison entre différentes entités. De plus, les indicateurs de S-T ont été obtenus en combinant une statistique précise de S-T avec des statistiques économiques de normalisation d'ordre plus général.

Il est habituellement nécessaire de modifier les statistiques de S-T de façon à tenir compte des fortes variations de taille constatées entre les unités économiques, les populations, etc. Les « indicateurs » sont par conséquent des variables généralement exprimées sous forme de rapport entre deux chiffres : le numérateur est la statistique spécialisée, comme les dépenses de R-D, et le dénominateur est la statistique d'ordre général, comme le PIB ou la population.

> *Les indicateurs fournissent indirectement des renseignements sur les phénomènes ou sur les événements auxquels ils sont appliqués. L'indicateur est la mesure d'un élément utilisé pour obtenir des renseignements sur un élément incommensurable. Ainsi, les statistiques sur le nombre de scientifiques et d'ingénieurs, ainsi que sur leur niveau de formation, sont des indicateurs de la qualité et de la quantité de connaissances disponibles en matière de S-T. De plus, les dépenses en matière de R-D sont des indicateurs de la production brute de connaissances en matière de S-T. Les statistiques liées aux brevets sont également des indicateurs de l'intensité, de l'orientation et de la situation de l'activité inventive.*[5] [Traduction]

Par conséquent, il faut toute une série d'indicateurs différents pour tenter de comprendre à fond l'« entreprise » de la S-T.

Pour élaborer des politiques permettant de maintenir et d'accroître la compétitivité internationale du Canada, il faut examiner les indicateurs d'extrants et d'intrants qui donnent une idée générale des répercussions du rendement industriel et technologique sur la compétitivité et sur la croissance économique.

Le principal défaut de tout indicateur est que les résultats observés peuvent être influencés par plusieurs facteurs et que la causalité sous-jacente peut varier d'un pays à l'autre ou d'un secteur à l'autre. Il ne suffit pas non plus d'utiliser ou de s'appuyer sur un indicateur quelconque pour mesurer le rendement relatif. Il serait plutôt souhaitable d'examiner toute une gamme d'aspects différents de la compétitivité, tel qu'indiqué ci-après, afin d'identifier plus facilement les points forts et les points faibles et de recommander certaines orientations.

La gamme des indicateurs d'intrants et d'extrants est très vaste. Ils peuvent porter sur l'économie en général, sur certains secteurs comme la fabrication, etc. ou sur une industrie particulière telle que la technologie de pointe, la technologie moyenne ou la technologie rudimentaire comme l'aérospatiale, l'électronique, etc.

5. Indicateurs d'intrants

Les indicateurs d'intrants sont les éléments qui détermineront ultérieurement les indicateurs d'extrants. En général, ces indicateurs comprennent le coût des matières premières et de la main-d'oeuvre, le coût du capital, les tarifs douaniers, les subventions, y compris les subventions à la R-D et à la technologie de pointe, le niveau d'innovation technologique, les dépenses en R-D, etc.

Lorsqu'il est question du rendement technologique cependant, l'indicateur comparatif le plus utilisé est le rapport entre les dépenses intérieures brutes consacrées à la R-D (DIRD) et le PIB. Peu d'indicateurs technologiques ont influencé les discussions entourant l'élaboration de politiques autant que les comparaisons portant sur cette mesure de la R-D. Toutefois, les dépenses de R-D ne sont pas le seul intrant technologique : l'acquisition de propriété intellectuelle, l'utilisation de matériel à forte proportion technologique et l'importance du personnel spécialisé constituent également de bons moyens de mesurer les ressources affectées à l'amélioration du niveau technologique d'un pays.

En supposant que la R-D industrielle au Canada soit influencée par la structure économique du pays, le fait que celle-ci repose essentiellement sur des industries d'extraction semble être la raison pour laquelle l'industrie canadienne n'a pas tendance naturellement à réaliser beaucoup de travaux de R-D. Le

---

5. H. Stead, *Science and Technology Indicators in Canada and the United States of America*, (Ottawa : Statistique Canada, décembre 1985).

tableau 1-1 résume les dépenses affectées à la R-D civile dans les sept principaux pays de l'OCDE qui forment le Groupe des Sept ou G-7) et dont le Canada fait partie. Les chiffres « ajustés » du Canada indiquent le niveau de dépenses en R-D que le Canada aurait affiché s'il avait eu la même tendance à faire de la R-D que les pays mentionnés. Il est évident que le Canada devra accroître considérablement ses investissements dans la R-D s'il veut qu'ils atteignent la moyenne observée pour les pays du G-7, même selon les chiffres ajustés. Si le niveau des dépenses du secteur public pour la R-D se maintient à 0,64 p. 100, les dépenses du secteur privé devraient passer de 0,7 à environ 1,1 p. 100, soit une hausse de 2,4 milliards de dollars, pour que la tendance du Canada à faire de la R-D corresponde à la moyenne enregistrée pour les pays du G-7.

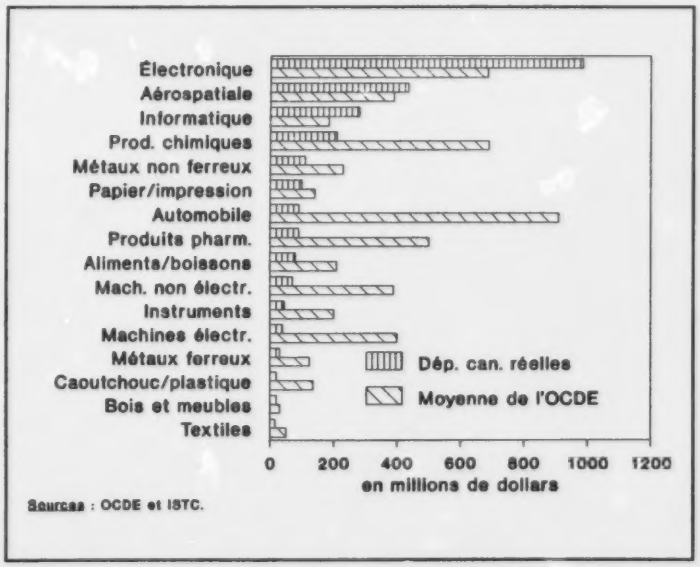
Tableau 1-1
Tendances concernant le rapport DIRD et PIB et les niveaux de R-D ajustés, pays du G-7, 1987

Pays	DIRD civiles	DIRD ajustées au Canada	Niveaux ajustés de R-D dans les entreprises
		(% du PIB)	
Canada	1,35		
Japon	2,85	1,91	1,27
RFA	2,67	1,78	1,14
France	1,86	1,74	1,10
États-Unis	1,81	1,83	1,19
Grande-Bretagne	1,77	1,59	0,95
Italie	1,22	1,60	0,96
Moyenne		1,80	1,10

Sources : Données de l'OCDE et ISTC.

Pour ce qui est des dépenses canadiennes consacrées à la R-D industrielle, il serait préférable de faire une comparaison par industrie que de faire une comparaison plus générale. Dans la comparaison entre les dépenses de R-D industrielle par industrie et la moyenne des autres pays importants de l'OCDE, soit ceux du G-7, la Suède, la Finlande et la Norvège, certaines effets de la structure économique et des différentes tendances à faire de la R-D ont été considérés. Le tableau 1-2 donne les résultats de cette comparaison.

Tableau 1-2 - Comparaison des dépenses de R-D, 1987



Dans des industries comme l'électronique, l'aérospatiale et l'informatique, les entreprises canadiennes consacrent davantage de fonds à la R-D que ne le laissent croire notre structure économique et la tendance

moyenne à faire de la R-D dans les pays de l'OCDE. Dans toutes les autres industries, il semblerait que les entreprises canadiennes dépensent moins d'argent que celles des autres pays de l'OCDE. Ceci s'explique peut-être par des raisons propres à chaque industrie. Ainsi, dans le secteur automobile, celui qui consacre le moins d'argent à la recherche, cette situation tient peut-être à l'intégration de l'industrie qui existe entre le Canada et les États-Unis; faisant en sorte que l'assemblage, qui est une activité à faible proportion de R-D, ainsi que la fabrication de pièces, domaine dans lequel la R-D entre davantage en ligne de compte, se font au Canada. Seule une comparaison par industrie, comme celle que fait actuellement le Conseil des sciences du Canada, permettrait de souligner les particularités propres à une industrie, et à une entreprise, et de voir s'il serait utile d'adopter certaines politiques.

Les entreprises peuvent évidemment acquérir la technologie par d'autres moyens que la R-D. Dans les industries généralement classées dans la catégorie de celles où la tendance à la R-D est faible, la technologie est la plupart du temps intégrée, c'est-à-dire qu'elle est acquise à l'achat de biens d'équipement à forte proportion technologique. Le deuxième indicateur d'intrant technologique est l'utilisation de technologies manufacturières de pointe (TMP) par secteur industriel au Canada. Le tableau 1-3 indique la proportion des établissements canadiens qui utilisent au moins une TMP dans certaines industries et suggère que la production des usines de fabrication de chacune d'entre elles ne représente qu'une faible part de la valeur de leurs expéditions. Même si aucune donnée ne permet d'établir une comparaison générale entre les pays de l'OCDE, de récentes enquêtes sur l'utilisation des TMP au Canada et aux États-Unis indiquent que l'industrie canadienne utilise autant de technologie que l'industrie américaine, tout en tenant compte d'une marge d'erreur.

Tableau 1-3 - Utilisation des TMP par secteur industriel, 1989

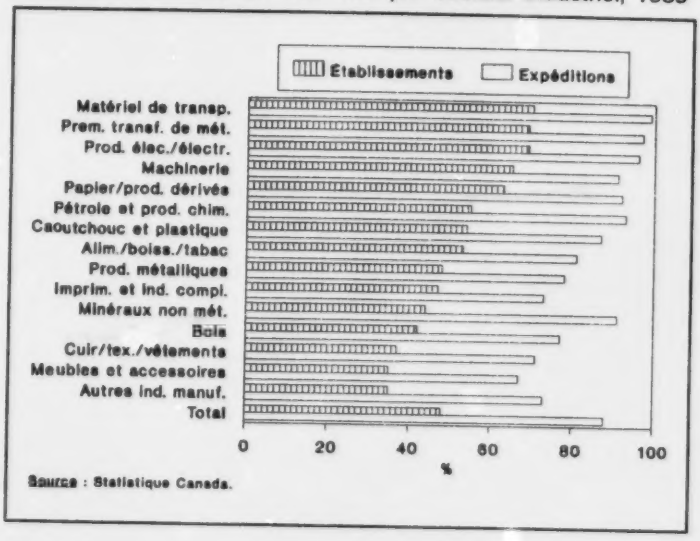
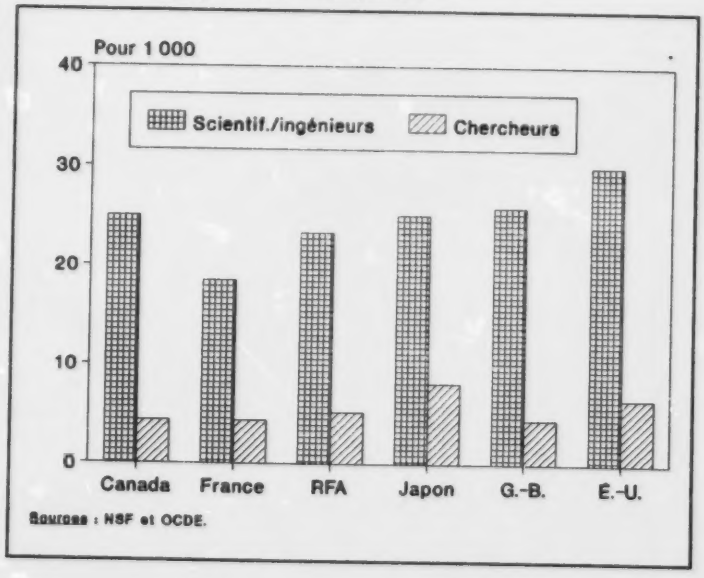


Tableau 1-4 - Personnel scientifique, technique et d'ingénierie au sein de la population active, 1986



La formation ou l'emploi de personnel scientifique, technique et d'ingénierie (PSTI) est le troisième indicateur d'intrant de technologie dans l'économie. Le tableau 1-4 compare l'effectif de PSTI au sein de la population active canadienne et dans les autres pays importants membres de l'OCDE. Ce tableau permet de constater que même si le Canada possède, au sein de sa population active, un nombre de scientifiques et d'ingénieurs semblable à celui des autres pays de

l'OCDE pour lesquels des informations analogues sont disponibles, il se situe à l'avant-dernier rang pour ce qui est du nombre de chercheurs, soit 4,3 pour 1 000 travailleurs. C'est le Japon qui vient en tête, avec 8,1; suivi par les États-Unis, avec 6,7.

Depuis 1979, l'accroissement du nombre de chercheurs, de scientifiques et d'ingénieurs au Canada a atteint 31 p. 100, soit légèrement supérieur à la moyenne pour les pays de l'OCDE qui est de 25 p. 100.

6. Mouvements invisibles de technologie

La technologie peut pénétrer dans l'économie de plusieurs façons « invisibles ». En plus de la R-D intégrée aux biens d'équipement qu'elles achètent, les entreprises peuvent acquérir de la technologie en obtenant des licences, par des mécanismes extérieurs au marché comme les sources publiques de renseignements telles que les banques de données sur les brevets ainsi que par la mise au point du capital organisationnel comme des programmes juste à temps et des systèmes informatiques améliorés de gestion.

Il est très difficile de mesurer les mouvements « invisibles » de technologie tant à l'intérieur que vers l'extérieur d'un pays. S'il est possible de retracer le paiement de licences, de redevances et de brevets, les mouvements de caisse ne reflètent pas souvent la valeur réelle des transactions. Il est particulièrement difficile de faire une estimation de la valeur des mouvements de technologie entre filiales de multinationales parce qu'une telle évaluation est régie par des règles juridiques arbitraires.

Le nombre de brevets produits par un secteur industriel d'un pays constitue un autre indicateur de rendement technologique. Les brevets sont un extrant de développement technologique et par conséquent, ils permettent de mesurer l'efficacité du développement technologique d'un pays. Par contre, ce système comporte bien des faiblesses dont les principales et les plus évidentes sont le fait que la valeur des brevets varie considérablement, que la plupart des technologies importantes ne sont jamais brevetées et que les régimes de propriété intellectuelle varient d'un pays à l'autre.

7. Indicateurs d'extrants

Les indicateurs d'extrants sont le meilleur moyen de mesurer le rendement économique. Comme la présente étude porte sur la technologie, les indicateurs de rendement devraient être examinés selon une « perspective technologique » : il s'agit des balances commerciales, des modifications de la part des exportations, des tendances se manifestant dans la pénétration des importations et des variations correspondantes, ce qui permet d'identifier les points forts et les points faibles des différentes économies nationales ainsi que les secteurs en pleine expansion ou ceux qui se contractent selon les tendances mondiales.

Il est inévitable qu'une petite économie ouverte telle que celle du Canada ne produise qu'une faible part de la technologie mondiale et qu'elle doive importer les technologies étrangères. Un accroissement des importations de produits de technologie de pointe reflète une tendance plus marquée à adopter cette technologie, ce qui est un signe de force. C'est le fait de ne pas exporter simultanément de la technologie de pointe qui est une preuve de faiblesse sur le plan technologique.

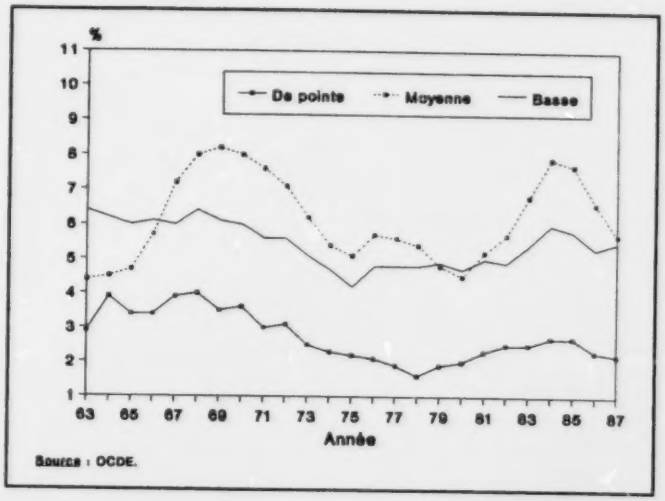
De 1963 à 1987, les exportations canadiennes de produits de technologie de pointe n'ont cessé de baisser proportionnellement à celles de l'ensemble des pays de l'OCDE (tableau 1-5). C'est le Japon qui a affiché la meilleure performance dans le domaine de la technologie de pointe. Les exportations canadiennes de produits à intensité moyenne de technologie sont cycliques, ce qui témoigne du rendement de l'industrie automobile.

Les estimations du taux de rendement de la R-D constituent l'indicateur d'extrants le plus élaboré. Ces estimations sont faites par des économistes qui se servent d'importantes quantités de données par entreprise et par industrie et de techniques statistiques perfectionnées.

Les estimations du taux de rendement d'un accroissement de la R-D oscillent généralement entre 20 et 50 p. 100, sans tenir compte des retombées. Certains progrès ont été réalisés dans la façon de mesurer les retombées de la R-D et plusieurs études confirment maintenant que le taux de rendement est très élevé si l'on tient compte de celles-ci. Selon certaines études canadiennes récentes, et notamment celle de Bernstein déjà citée, le taux de rendement total de la R-D se situe entre 29 et 94 p. 100, selon l'industrie. De la même façon, Mohnen et Lepine[6] ont constaté, en se fondant sur un nombre important d'industries, que le taux de rendement total était en moyenne de 84 p. 100.

Il convient de signaler que les résultats de ces études sont très semblables à ceux obtenus par les Américains et les Japonais et qu'à l'heure actuelle de nombreuses études de ce genre démontrent toutes que le taux de rendement de la R-D est élevé.

Tableau 1-5 - Proportion des exportations de l'OCDE représentée par celles du Canada par secteur technologique, de 1963 à 1987



Les ouvrages scientifiques constituent un des principaux extrants directs de recherche. Les résultats des expériences scientifiques et techniques sont généralement publiés dans des revues spécialisées et ils viennent par conséquent accroître les connaissances scientifiques mondiales, puisque les scientifiques et les ingénieurs de tous les pays y ont généralement accès. Par conséquent, même si le nombre de publications ne reflète pas l'importance de chaque publication, il sert depuis longtemps d'indicateur d'« extrant » de la recherche fondamentale et de la recherche appliquée. De nos jours, il est généralement complété par des indicateurs de citations qui servent à mesurer l'influence et la qualité des travaux de recherche; partant du principe que les documents les plus importants seront plus fréquemment cités que ceux qui le sont moins. De la même façon, le nombre de brevets sert d'indicateur de l'activité technologique. Ces indicateurs sont complétés par des indicateurs de qualité technologique établis selon le nombre de fois qu'un brevet est cité dans des brevets ultérieurs.

8. Conclusion

Les indicateurs d'intrants et d'extrants sont consistants : dans l'économie canadienne, le facteur technologique est nettement inférieur aux normes des autres importants pays industrialisés de l'OCDE. Ceci est particulièrement vrai pour les indicateurs de développement technologique qui sont les indicateurs dominants. Cependant, si ces indicateurs donnent un aperçu des changements qui devraient se produire, ils n'identifient pas les politiques qu'il conviendrait d'adopter.

* * *

6. P. Mohnen et N. Lepine, *Payments for Technology as a Factor of Production*, Cahier 8810, (Montréal : Université du Québec à Montréal, mai 1988).

CHAPITRE 2 - COMPARAISONS INTERNATIONALES

Le présent chapitre a pour objet de comparer le rendement du Canada en matière de sciences et de technologie à celui des autres importants pays industrialisés.

Il n'est pas évident que ces chiffres montrent que le Canada traverse une crise dans le domaine de la S-T. La faiblesse du rapport DIRD et PIB est préoccupante, même si nos industries demeurent concurrentielles. Le Canada se situe effectivement au deuxième rang parmi les pays industrialisés en ce qui concerne le niveau de vie, compte tenu du PIB par habitant. Il est clair que le Canada importe de la technologie, soit directement sous forme de produits finis, soit sous forme d'idées, en achetant des brevets et des licences. L'importation de technologies éprouvées peut être rentable pour les secteurs industriels où le Canada se trouve avantageusement concurrentiel, mais l'absence de bases dans le domaine de l'innovation risque certes de nuire aux secteurs où la compétitivité du Canada est marginale.

La R-D est concentrée dans les pays industrialisés, les sept plus importants pays de l'OCDE menant environ 87 p. 100 de l'ensemble des travaux de R-D (tableau 2-1). Le Canada n'effectue que 2 p. 100 de la R-D mondiale, selon ce qu'un certain nombre de données et d'indicateurs permettent d'évaluer.

Tableau 2-1
Répartition des dépenses mondiales en matière de R-D, 1982

Pays	Valeur	%
	(en millions de dollars US)	
États-Unis	100 823	44
Japon	39 118	17
RFA	19 371	9
Grande-Bretagne	13 765	6
France	13 728	6
Italie	7 394	3
Canada	4 877	2
Tous les autres pays	28 773	13
Total	227 849	100

Source : National Science Foundation, *International Science and Technology Data Update*, nº 89-307, décembre 1988.

1. Dépenses en matière de R-D

Proportionnellement au PIB, les dépenses du Canada en matière de R-D le classent au 13^{e} rang parmi les 24 pays membres de l'OCDE. Elles sont également nettement inférieures à celles de la plupart des pays du G-7. Ce rang reste inchangé même après un rajustement en raison des budgets importants consacrés à la R-D dans le domaine de la défense par certains grands pays industrialisés (tableau 2-2).

Tableau 2-2
Comparaisons entre les DIRD de certains pays, 1987

Pays	DIRD	DIRD/PIB	Part financée par le secteur public	Fonds R-D secteur public/ PIB	DIRD par habitant	Nombre de chercheurs par millier de travailleurs
	(en milliards de $ US)	(%)		(%)	($ US/personne)	
Japon	46,1	2,87	21,7	0,62	378	8,1
Suède	3,3	2,82	34,0[2]	0,96	388	4,5
RFA	22,9	2,81	33,6	0,94	374	5,2
É.-U.	120,3	2,69	50,8	1,37	493	6,6
G.-B.[1]	15,5	2,36	38,9	0,92	274	–
France	16,2	2,27	52,9	1,20	291	4,4
Pays-Bas[1]	3,8	2,22	44,0	0,98	262	4,2
Norvège	1,2	1,83	44,1	0,81	282	4,7
Canada	6,2	1,40	45,8	0,64	241	4,3
Italie	8,9	1,27	54,2	0,69	156	2,8
Australie[1]	2,5	1,25	60,7	0,76	158	4,4

1. 1986.
2. 1985.

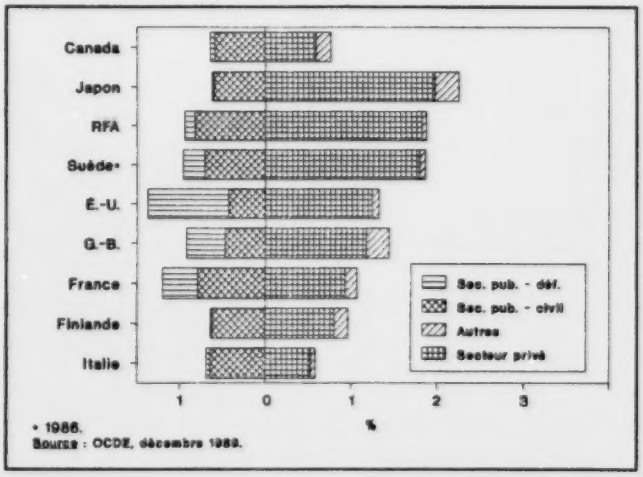
Source : OCDE, *Principaux indicateurs scientifiques et technologiques*, décembre 1989.

2. Dépenses du secteur public

Le tableau 2-3 donne une idée du rendement relatif du Canada en ce qui concerne les dépenses en matière de R-D dans les secteurs public et privé en 1987, selon les données de l'OCDE. Il montre que si les dépenses en matière de R-D civile canadienne financées par le secteur public sont comparables à celles de certains autres pays de l'OCDE, qui se situent à près de 0,6 p. 100, le Canada est nettement en retard sur les autres pour ce qui est des dépenses consacrées par le secteur privé à la R-D, soit 0,6 p. 100 comparativement à une moyenne de 1,3 p. 100.

Au chapitre des subventions gouvernementales directes accordées pour la R-D civile proportionnellement au PIB, le Canada se situe dans la moyenne des pays de l'OCDE.

Tableau 2-3 - Composition du rapport DIRD et PIB, certains pays, 1987



Le pourcentage des dépenses gouvernementales est plus élevé pour le Canada que pour la plupart des pays dans les six secteurs suivants :

- agriculture et pêche;
- transports et télécommunications;
- développement industriel;
- énergie;
- protection de l'environnement;
- santé.

La proportion des dépenses du Canada dans les secteurs de l'agriculture et de la pêche est exceptionnellement élevée, représentant 15 p. 100 des dépenses gouvernementales en matière de R-D. Elle est près de quatre fois plus importante que celle du Japon, de la France ou de la Grande-Bretagne, pays qui ont la réputation de consacrer des sommes importantes à ces secteurs (tableau 2-4).

Tableau 2-4
Répartition des dépenses budgétaires du gouvernement en matière de R-D, dans certains secteurs, certains pays, 1987

Objectif	Canada	France	RFA	Japon	G.-B.	É.-U.
			(%)			
Agriculture, forêts et pêche[1]	12,7	3,6	2,0	4,0	4,2	2,3
Développement industriel	11,2	10,6	15,3	4,8	8,7	0,2
Énergie	5,7	6,7	8,7	23,2	3,5	3,6
Transports et télécommunications	4,3	*	*	1,4	0,4	1,6
Planification urbaine et rurale	1,6	*	*	0,4	1,2	0,2
Protection de l'environnement	2,8	0,4	3,3	0,5	1,0	0,5
Santé	7,9	3,6	3,2	2,4	4,3	11,9
Développement et services sociaux	14,2	2,7	2,3	1,0	1,5	1,0
Terre et atmosphère	11,5	1,4	1,9	1,0	1,7	0,7
Progrès des sciences[2]	12,5	26,6	43,8	50,8	20,2	3,6
Espace civil	s.o.	5,9	4,9	6,1	2,7	6,0
Défense	9,6	34,1	12,5	4,5	50,3	68,6
Autres secteurs	6,0	4,4	2,1	0,1	0,3	0,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

1. Les chiffres pour le Canada ne comprennent pas les forêts.
2. Peut comprendre les subventions pour dépenses courantes accordées aux universités pour les études supérieures.
* Le pourcentage n'est pas disponible séparément, mais il est inférieur à 2 p. 100, selon les données de la National Science Foundation.

Sources : Statistique Canada, *Activités scientifiques fédérales, 1989-1990*, n° 88-204, janvier 1990.
National Science Foundation, *International S&T Data Update : 1988*, n° 89-307, décembre 1988.

3. R-D industrielle

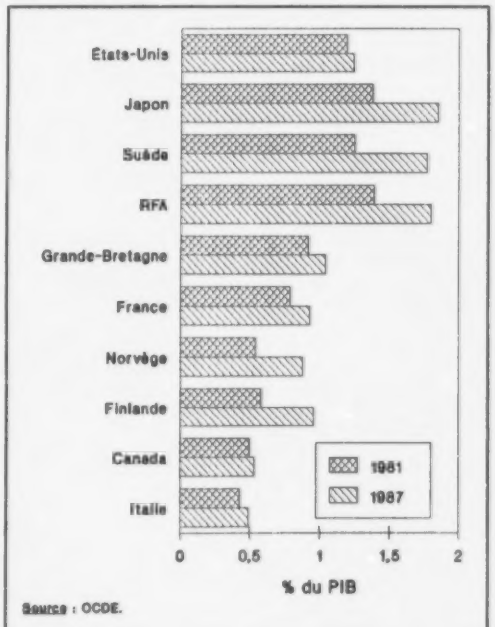
Le Canada se situe proportionnellement au haut de l'échelle pour ce qui est des efforts consentis par le secteur public et celui de l'enseignement supérieur dans le domaine de la recherche, et il se trouve au bas de l'échelle en ce qui a trait aux efforts fournis par l'industrie dans ce domaine (tableau 2-5), si l'on considère les dépenses intérieures brutes de R-D du secteur des entreprises (DIRDE).

Tous les pays, à l'exception de la France, ont réduit leur part des dépenses gouvernementales en matière de R-D de 1975 à 1986.

Au Canada, les DIRD du secteur industriel sont proportionnellement plus faibles que celles des autres pays du G-7. La R-D effectuée par l'industrie a progressé de 15 points au Canada; passant de 36 p. 100 en 1974 à 51 p. 100 en 1985. Aux États-Unis, cette augmentation a été de 5 p. 100; au Japon, de 13 p. 100; en République fédérale d'Allemagne, de 11 p. 100; en Italie, de 2 p. 100; en Grande-Bretagne, de 1 p. 100, de 1975 à 1985. Il n'y a eu aucune augmentation en France.

Le rapport des DIRDE financées par l'industrie et du PIB peut servir d'indicateur pour calculer la participation du secteur industriel à la R-D. En général, la participation des pays de l'OCDE a augmenté de 1981 à 1986. Le pourcentage du PIB représenté par les DIRDE financées

Tableau 2-5 - DIRDE financées par l'industrie, en pourcentage du PIB, certains pays, 1981 et 1987



par l'industrie est beaucoup plus élevé pour le Japon, la Suède, la République fédérale d'Allemagne et les États-Unis que pour les autres pays (tableau 2-5). Au Canada, ce rapport est nettement inférieur à celui de plusieurs autres pays. Les pays où les secteurs primaires occupent une grande place, comme le Canada, auront un rapport DIRDE et PIB moins élevé du fait que les investissements dans la R-D y sont relativement peu élevés. De 1974 à 1986, la proportion des DIRDE financées par l'industrie au Canada a augmenté de 45 p. 100, progression nettement plus importante que dans les autres pays du G-7, soit pour les États-Unis, 9 p. 100; le Japon, 23 p. 100; la République fédérale d'Allemagne, 27 p. 100; la France, 8 p. 100; l'Italie, -21 p. 100 de 1974 à 1985; et la Grande-Bretagne, 12 p. 100 de 1975 à 1985.

Aux États-Unis, on accorde une beaucoup plus grande importance à la R-D industrielle qui représente 4,8 p. 100 des ventes, qu'au Canada où elle n'est que de 1,5 p. 100 (voir le tableau 2-6). Cet écart est dû dans une certaine mesure au fait que la R-D nécessaire au Canada est faite en général par la société-mère qui est habituellement américaine.

Tableau 2-6
Comparaison de l'intensité de la R-D dans certains secteurs manufacturiers, aux États-Unis et au Canada, 1987

Secteur	États-Unis	Canada		
		Sociétés canadiennes	Toutes les sociétés	Sociétés étrangères
		(R-D en % des ventes)		
Forte intensité				
Équipement de télécommunications	9,3	17,1	16,9	15,5
Intensité moyenne				
Pièces et composants électroniques	8,7[1]	7,3	5,9	3,4
Machines de bureau	12,6[1]	12,9	3,7	2,9
Drogues et médicaments	8,5[1]	10,7	3,5	2,6
Machinerie	3,6	4,0	3,2	1,6
Matériel scientifique et professionnel	8,8	11,0	2,5	0,9
Faible intensité				
« Haut de l'échelle »				
Métaux non ferreux semi-transformés	1,2	1,3	1,3	0,6
Produits métalliques	1,7	1,8	1,1	0,7
« Bas de l'échelle »				
Produits raffinés du pétrole et du charbon	1,0	0,4	0,5	0,5
Produits minéraux non métalliques	2,6	0,3	0,4	0,5
Métaux ferreux semi-transformés	0,6	0,3	0,3	0,3
Toutes les industries manufacturières	4,8	1,7	1,5	1,4

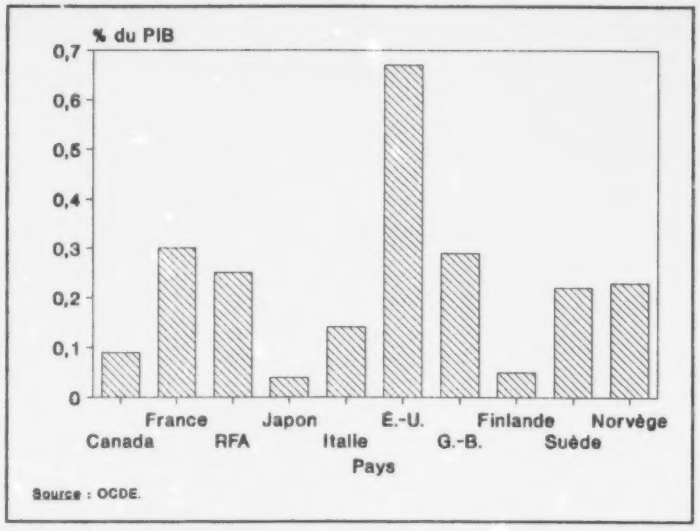
1. Fonds de R-D des sociétés seulement.

Sources : Statistique Canada, *Statistiques sur la recherche et le développement industriels, 1987*, nº 88-202, septembre 1989.
National Science Foundation, *Research and Development in Industry : 1987*, nº 89-323, 1989.

4. Niveau de l'aide gouvernementale à l'industrie

Les gouvernements de tous les pays de l'OCDE subventionnent directement et indirectement la technologie et l'innovation. L'incitation fiscale est en effet la méthode indirecte la plus populaire. Selon une étude préliminaire effectuée par le Conference Board du Canada, le Canada est, de tous les grands pays de l'OCDE, le plus généreux pour ce qui est des incitations fiscales à la R-D.

Tableau 2-7 - R-D industrielle financée par le gouvernement, certains pays, 1987

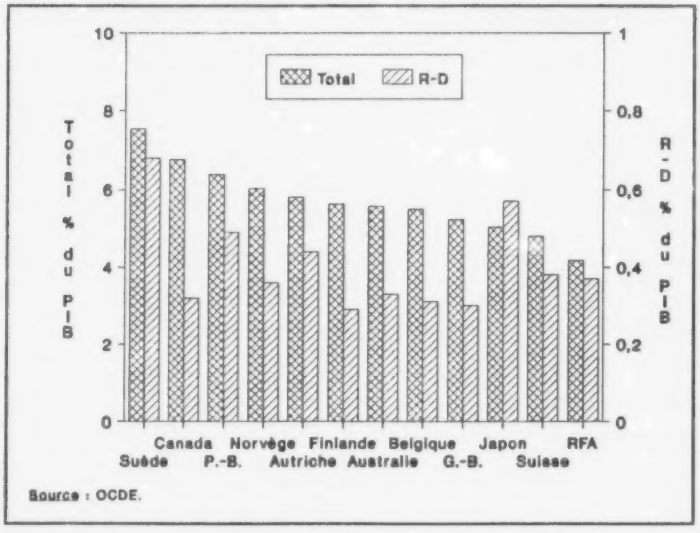


Au chapitre de l'aide gouvernementale directe, il est très difficile de faire des comparaisons internationales pour plusieurs raisons et surtout à cause de la transparence des mesures utilisées et de la source de cette aide. Selon l'OCDE, le Canada est un des pays où les dépenses gouvernementales directes en matière de R-D industrielle, sous forme de subventions et de contrats, y compris dans le domaine de la défense, sont parmi les plus faibles par rapport au PIB (tableau 2-7).

5. Dépenses dans le secteur de l'enseignement supérieur

Un autre indicateur des intrants s'ajoute aux données sur le personnel scientifique, technique et d'ingénierie (PSTI) (voir le tableau 1-4) et donne le montant des dépenses consacrées à l'enseignement supérieur par les grands pays de l'OCDE. De plus en plus, les investissements dans le perfectionnement des ressources humaines sont considérés comme un élément déterminant de la compétitivité future. Le tableau 2-8 donne le total des investissements dans l'enseignement et le pourcentage de ces investissements consacré à la R-D par les universités. Il montre que le système d'enseignement canadien s'intéresse peu aux besoins du PSTI du secteur industriel.

Tableau 2-8 - Dépenses publiques dans le secteur de l'enseignement, certains pays, 1985-1986



Le Canada consacre une part plus importante du PIB à l'enseignement postsecondaire que les autres pays, soit 1,96 p. 100. Les dépenses intérieures brutes en R-D consacrées à l'enseignement supérieur (DIRDES) au Canada, en pourcentage du PIB, correspondent environ à la moyenne pour les grands pays de l'OCDE, soit 0,32 p. 100. Même si ce niveau est inférieur à celui observé en Suède, 0,68 p. 100; au Japon, 0,57 p. 100 et aux Pays-Bas, 0,49 p. 100, il se rapproche de celui enregistré par la Grande-Bretagne, 0,32 p. 100; par la France, 0,34 p. 100; par la

République fédérale d'Allemagne, 0,37 p. 100 et par les États-Unis, 0,37 p. 100. Par conséquent, le Canada consacre une plus faible part de son budget total de l'enseignement supérieur à la R-D que la plupart des grands pays de l'OCDE.

Proportionnellement aux DIRD, les DIRDES sont plus élevées au Canada que dans la plupart des autres pays, démontrant ainsi une tendance fondamentale à utiliser la capacité de la R-D des universités pour compenser les lacunes qui existent dans ce domaine dans les secteurs public et industriel.

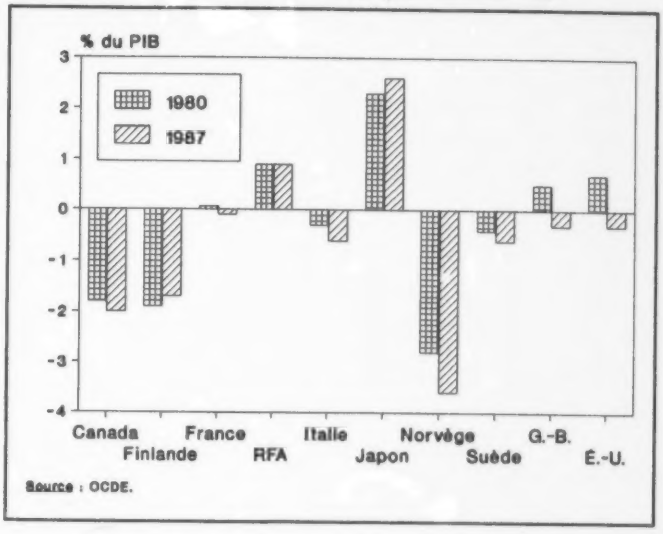
6. Indicateurs d'intrants - Sommaire

Le tableau 2-9 montre que le Canada compte et qu'il continue de compter surtout sur les importations de technologie étrangère et qu'il a un déficit commercial considérable de 1,5 p. 100 du PIB, qui continue de s'accentuer, au chapitre du commerce de la technologie de pointe. Le Canada n'est toutefois pas le seul pays à se trouver dans cette situation, puisque la France, l'Italie, la Norvège et la Suède ont également augmenté leur déficit dans ce domaine. A cet égard, les États-Unis et la Grande-Bretagne, qui avaient un excédent commercial de produits de technologie de pointe, accusent également un déficit pour la même période. Le Japon et la République fédérale d'Allemagne ont été les plus favorisés et les seuls pays à connaître un excédent de balance commerciale. Le tableau 2-10 illustre la croissance des échanges commerciaux entre le Canada et les États-Unis dans le commerce de la technologie de pointe. Il montre en effet que la balance commerciale est demeurée relativement constante malgré un accroissement continu des importations et des exportations.

C'est dans le secteur des ordinateurs et du matériel complémentaire que le Canada a accusé le déficit commercial le plus important en 1987, puis dans le secteur de la machinerie non électrique. Le Canada a connu un excédent commercial dans le secteur aérospatial en 1986 et 1987. Le rapport exportations et importations du Canada est passé de 56 p. 100 en 1980 à 65 p. 100 en 1987.

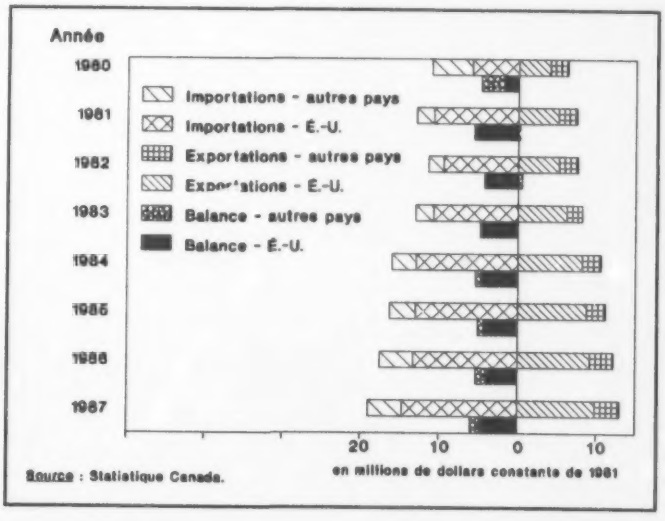
Le Canada investit beaucoup dans les biens d'équipement de technologie de pointe afin d'accroître sa compétitivité et sa productivité dans le secteur manufacturier. Ces investissements causent cependant un déficit commercial en technologie

Tableau 2-9 - Balance commerciale de six secteurs de technologie de pointe, certains pays, 1980 et 1987



Source : OCDE.

Tableau 2-10 - Échanges entre les États-Unis et le Canada dans le secteur de la technologie de pointe, 1980 à 1987



Source : Statistique Canada.

de pointe, qui est demeuré presque stable depuis sept ans en dollars constants. Le rapport exportations et importations s'est amélioré au fil des ans, c'est-à-dire que le déficit exprimé en pourcentage des importations diminue progressivement. Les données correspondantes se trouvent au tableau 2-11.

Dans bien des cas, il est rentable d'acheter des biens de technologie de pointe au lieu de les fabriquer. Pour demeurer concurrentielles, les sociétés canadiennes doivent donc se trouver des créneaux sur le marché mondial. Ainsi, le Canada n'est par concurrentiel dans le domaine de la conception et de la fabrication d'avions gros porteurs, mais son industrie aérospatiale est parvenue à se trouver des créneaux dans la fabrication d'avions de court trajet et d'affaires avec le Dash 7 et le Dash 8 ainsi que le Challenger.

Tableau 2-11
Commerce des produits de fabrication de technologie de pointe[1], Canada, de 1980 à 1987

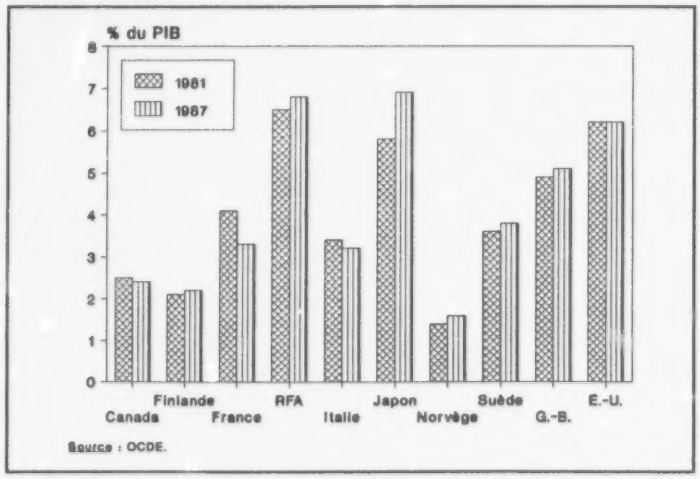
Année	Importations	Exportations	Balance		Exportations/ Importations
			Dollars courants	Dollars de 1981	
			(en millions de dollars)		
1980	10 501	5 911	4 590	4 745	0,56
1981	12 888	7 441	5 447	5 447	0,58
1982	11 953	7 723	4 230	3 909	0,65
1983	13 518	8 415	5 103	4 654	0,62
1984	17 621	11 222	6 399	5 381	0,64
1985	18 443	12 059	6 384	4 960	0,65
1986	19 885	12 874	7 011	4 983	0,65
1987	20 730	13 564	7 166	5 681	0,65

1. Selon la définition de Statistique Canada, qui s'inspire de celle de l'OCDE.
Source : Statistique Canada, *Indicateurs de l'activité scientifique et technologique, 1988*, nº 88-201, mars 1989.

7. Rendement du secteur de la technologie de pointe

Le tableau 2-12 montre que la valeur ajoutée des industries de technologie de pointe représente une faible proportion du PIB au Canada, comparativement à celle de nos concurrents. Ce qui est plus préoccupant, c'est que le secteur de la technologie de pointe a connu un taux de croissance négatif au Canada. En effet, selon certains chiffres, cette tendance persiste depuis deux décennies (tableau 2-13).

Tableau 2-12 - Valeur ajoutée dans le domaine de la technologie de pointe, en % du PIB, certains pays, 1981 et 1987



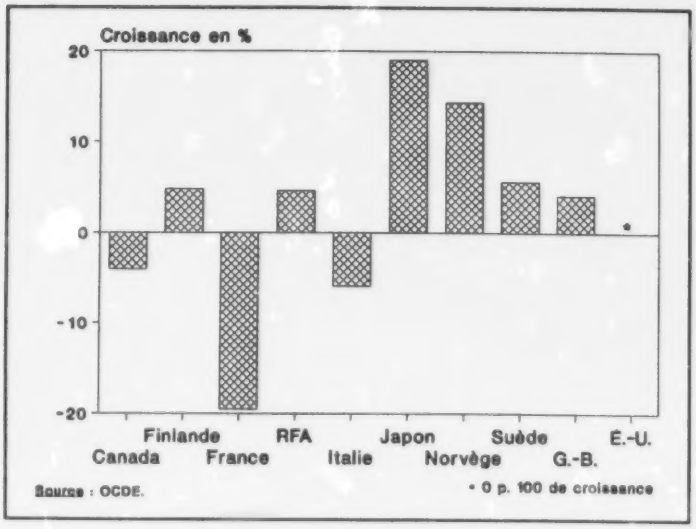
Source : OCDE.

8. Publications scientifiques

Une publication parue dernièrement[7] compare le rendement des scientifiques britanniques à celui de plusieurs autres pays, y compris le Canada. Le rendement est mesuré par des moyens bibliométriques, comparant le taux de publication et de citations de documents publiés selon un échantillon qui regroupe un grand nombre de revues spécialisées, considérées comme les plus importantes dans leur domaine respectif.

A la suite de nombreuses discussions et de nombreux essais, les indicateurs bibliométriques se sont avérés un excellent moyen de mesurer effectivement le rendement national. Si le document en question vise surtout le rendement de la science britannique, les données comparatives permettent de mesurer adéquatement l'état de santé des milieux scientifiques canadiens.

Tableau 2-13 - Croissance dans le secteur de la technologie de pointe, certains pays, de 1980 à 1987



Selon les articles écrits par des personnes travaillant dans des établissements canadiens et publiés dans environ 3 500 revues reprises dans la Banque de données des indicateurs de la documentation scientifique, données qui sont publiées par le Science Citation Index pour la National Science Foundation des États-Unis, l'étude montre que les documents canadiens représentaient 4,35 p. 100 de l'ensemble des documents en 1986, par rapport à 3,92 p. 100 en 1981, soit une augmentation de 11 p. 100. Aux États-Unis, la proportion a diminué de 1 p. 100 et au Royaume-Uni, elle a fléchi de 2 p. 100 (voir le tableau 2-14).

Tableau 2-14
Articles publiés dans le monde, par certains pays, 1981 et 1986

Pays	1981	1986	Différence
		(%)	
Canada	3,92	4,35	11
France	5,02	4,87	(3)
RFA	6,28	5,84	(7)
Japon	6,79	7,69	12
Pays-Bas	1,61	1,84	14
G.-B.	8,34	8,19	(2)
États-Unis	35,92	35,60	(1)
URSS	8,01	7,56	(6)
Autres pays	24,10	24,08	0

Source : B. Martin, *et al.*, « Recent Trends in the Output and Impact of British Science », *Science and Public Policy*, 17 (février 1990).

7. B. Martin, J. Irvine, F. Narin, C. Sterritt et K.A. Stevens, « Recent Trends in the Output and Impact of British Science », *Science and Public Policy*, 17 (février 1990).

La fréquence des citations est un bon moyen de mesurer la qualité des travaux publiés et jusqu'à quel point d'autres chercheurs les consultent. Les documents canadiens représentaient 4,13 p. 100 de l'ensemble des citations en 1986, soit 6 p. 100 de plus qu'en 1983. Au deuxième rang, se trouvent le Japon et les États-Unis avec une progression de 2 p. 100 (voir le tableau 2-15).

Tableau 2-15
Proportion des citations, certains pays, 1983 et 1986

Pays	1983	1986	Différence
		(%)	
Canada	3,89	4,13	6
France	4,36	4,26	(2)
RFA	6,14	5,57	(9)
Japon	5,76	5,89	2
Pays-Bas	1,90	1,91	1
G.-B.	9,21	9,13	(1)
États-Unis	50,22	51,45	2
URSS	1,87	1,54	(18)
Autres pays	16,65	16,12	(3)

Source : B. Martin, *et al.*, « Recent Trends in the Output and Impact of British Science », *Science and Public Policy*, 17 (février 1990).

L'étude consistait également à comparer le rendement dans différents domaines d'étude. Pour le Canada, alors que le pourcentage moyen des publications dans le monde représenté par les articles publiés était de 4,3 p. 100, ceux qui traitaient de médecine clinique, représentaient 1,24 fois la moyenne nationale, indiquant ainsi que le volume de publications dans ce domaine est élevé au pays. Par contre, les articles sur le génie ne représentaient que 0,53 fois la moyenne nationale.

L'analyse des citations a révélé que le Canada était en avance dans la qualité de ses publications dans les domaines de la biologie et des sciences de la terre et de l'espace, soit 2,04 et 1,30 fois la moyenne nationale. Le Canada accusait cependant une nette faiblesse dans le domaine de la physique où la fréquence des citations ne correspondait qu'à 0,71 fois la moyenne nationale (voir le tableau 2-16).

Tableau 2-16
Publications canadiennes par domaine
(par rapport à la moyenne nationale), 1986

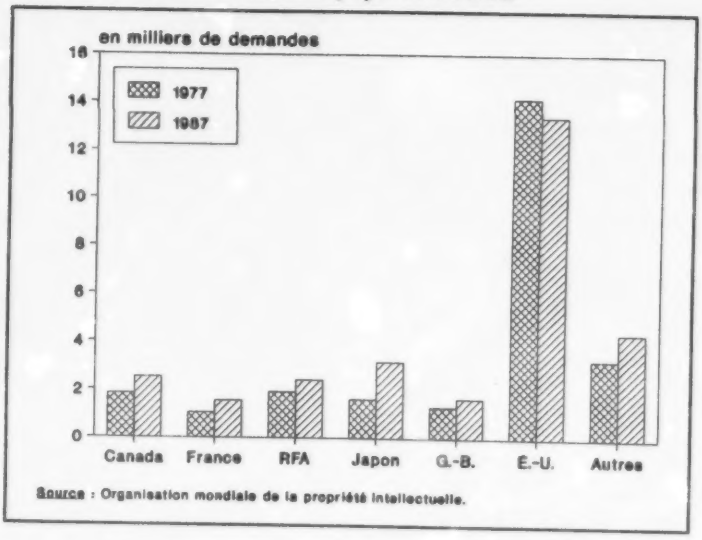
	Publications	Citations
	(moyenne nationale = 1,00)	
Médecine clinique	1,24	1,02
Biomédecine	1,07	0,85
Biologie	1,05	2,04
Chimie	0,74	1,05
Physique	0,88	0,71
Sciences de la terre et de l'espace	0,83	1,30
Ingénierie	0,53	0,98
Mathématiques	1,05	1,09

Source : B. Martin *et al.*, « Recent Trends in the Output and Impact of British Science », *Science and Public Policy*, 17 (février 1990).

9. Brevets

Les inventeurs canadiens ont demandé un nombre record de 2 500 brevets en 1987, ce qui représente environ 9 p. 100 de l'ensemble des demandes déposées au Canada (tableau 2-17). Même s'il s'agit d'un record, cela représente peu à l'échelle internationale. Ainsi, en 1986, 18 des 23 autres pays de l'OCDE avaient une proportion de demandes de brevets déposées par les résidents de leur pays plus élevée que celle du Canada. La proportion oscillait entre 90 p. 100 pour le Japon et 9 p. 100 pour l'Autriche, la proportion moyenne étant de 23 p. 100. De tous les pays industrialisés importants, seule l'Italie avait une proportion plus faible de demandes déposées par ses résidents, avec 5 p. 100.

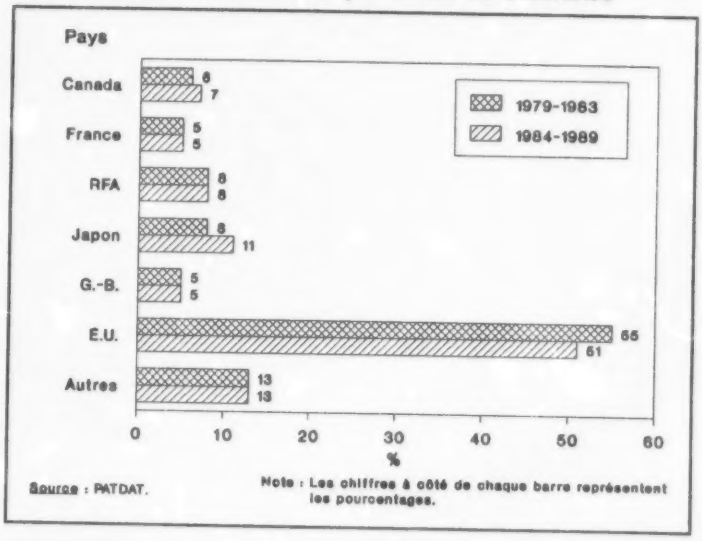
Tableau 2-17 - Demandes de brevets déposées au Canada par les résidents de certains pays de l'OCDE



Source : Organisation mondiale de la propriété intellectuelle.

Environ 93 p. 100 des brevets canadiens délivrés chaque année sont remis à des inventeurs d'autres pays. Cette forte proportion de dépendance étrangère est quelque peu inhabituelle pour un pays industrialisé. Les inventeurs américains sont les auteurs de plus de la moitié de cette technologie brevetée, mais cette proportion diminue rapidement, puisque le Japon apparaît comme une source de plus en plus importante (tableau 2-18). Le nombre de demandes déposées pour des inventions japonaises a pratiquement doublé depuis 1978 et le nombre de brevets délivrés pour ces mêmes inventions a augmenté annuellement d'environ 20 p. 100.

Tableau 2-18 - Répartition des brevets canadiens par pays où l'inventeur est domicilié et par année de délivrance



Source : PATDAT.

Note : Les chiffres à côté de chaque barre représentent les pourcentages.

L'Ontario a toujours facilement dépassé toutes les autres provinces pour ce qui est du nombre de brevets délivrés à ses résidents. En 1987, les Ontariens ont reçu 554 brevets, soit 52 p. 100 du total des 1 067 brevets délivrés pour des inventions canadiennes, ce qui représente plus de deux fois le nombre de brevets accordés à des inventeurs du Québec et cinq fois le nombre de brevets accordés à des Albertains ou à des résidents de la Colombie-Britannique. L'Ontario, où les dépenses consacrées aux sciences naturelles et au génie s'élèvent à 2 724 millions de dollars, soit 54 p. 100 du total des dépenses du pays qui se chiffrent à 6 832 millions, vient également en première position pour ce qui est de la R-D.

Le Canada, ayant dépassé la Suisse en 1984, se trouve maintenant au sixième rang parmi les pays de l'OCDE pour ce qui est de sa part annuelle des brevets américains. Cela s'explique peut-être par la taille du marché à conquérir ou à protéger et par la proximité des deux pays. En effet, les résidents du Canada

déposent en général plus de demandes de brevets aux États-Unis qu'au Canada. Depuis 1970 au moins, les demandes déposées par les Canadiens ont représenté presque chaque année 2 p. 100 de l'ensemble des brevets américains. Tel que prévisible, ce sont les inventeurs américains qui demandent la plupart des brevets, mais depuis quelques années, leur position dominante est fortement menacée en raison de l'augmentation importante du nombre d'inventions japonaises. Le nombre de brevets accordés pour des inventions japonaises a augmenté de 531 p. 100 depuis 1970, alors que le nombre de brevets accordés pour des inventions américaines ne s'est accru que de 8 p. 100. Par conséquent, la part japonaise de l'ensemble des brevets américains est passée d'environ 4 p. 100 à 20 p. 100 et la part des brevets demandés aux États-Unis par des étrangers est passée de 15 p. 100 à 42 p. 100.

Près de 900 brevets ont été attribués à différents ministères et organismes du gouvernement fédéral entre 1974 et 1987; ce qui fait de lui le plus important détenteur de brevets américains au Canada. La société Entreprises Bell Canada suit de près au deuxième rang avec environ 850 brevets. Toutefois, après Bell Canada, aucune autre société de propriété entièrement canadienne n'a accumulé plus de 200 brevets américains.

* * *

CHAPITRE 3 - LA R-D À L'ÉCHELLE NATIONALE

Les chapitres précédents ont été consacrés à la définition des indicateurs de S-T et aux comparaisons internationales. Le présent chapitre porte sur la situation à l'échelle nationale. Le gouvernement fédéral est la plus importante source de fonds en matière de R-D au Canada et le principal exécutant de travaux dans ce domaine. Ses décisions quant aux dépenses servent donc d'exemple et elles exercent une influence sur tous les milieux où l'on fait de la R-D. Il est impossible de démontrer que les dépenses du fédéral en matière de R-D exercent une influence déterminante sur les dépenses nationales à ce chapitre du fait qu'une importante hausse des dépenses fédérales au cours d'une année en particulier n'est pas nécessairement suivie d'une augmentation des dépenses nationales. Cependant, comme le gouvernement fédéral finance près de 10 p. 100 de l'ensemble de la R-D industrielle, cela lui donne la possibilité d'élaborer des politiques indiquant l'orientation que doivent prendre les industries quant à leurs dépenses en matière de R-D.

1. Dépenses intérieures brutes en matière de R-D

Les dépenses intérieures brutes en matière de R-D (DIRD) permettent de mesurer le niveau de la R-D à l'échelle du pays. Comparativement au PIB, les DIRD du Canada ont augmenté presque chaque année depuis 1979.

Tableau 3-1
DIRD nationales, de 1982 à 1989

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
				(en millions de $)				
Dollars courants	5 035	5 348	6 015	6 709	7 221	7 395	7 877	8 315
Dollars de 1981	4 632	4 687	5 110	5 540	5 814	5 706	5 835	5 925[1]
				(%)				
Croissance réelle	8,1	1,2	9,0	8,8	5,1	(1,9)	2,3	1,0[1]
DIRD/PIB	1,34	1,32	1,35	1,40	1,43	1,35	1,32	1,28[1]

1. Estimation d'ISTC.
Sources : Statistique Canada, *Statistique des sciences*, 13 (6) (août 1989), nº 88-001.
Banque du Canada, *Revue de la Banque du Canada*, janvier 1990.

2. Sous-estimation probable des DIRD

Plusieurs *erreurs endémiques* risquent d'entraîner une forte sous-estimation des DIRD, dans les domaines suivants :

- processus industriels utilisés dans le secteur industriel;
- activités des hôpitaux et des centres médicaux;
- temps consacré à la recherche dans le secteur universitaire.

Statistique Canada a estimé qu'environ 13 p. 100 de la R-D industrielle déclarée porte sur les *procédés industriels* plutôt que sur les produits, soit 6 p. 100 sur de nouveaux procédés industriels et 7 p. 100 visant à améliorer les procédés industriels existants. L'industrie trouve facile de mesurer la R-D effectuée sur des produits, car elle prévoit dans son système de comptabilité des centres de coûts spéciaux permettant d'évaluer les investissements consacrés à une invention ou à un produit. Ces systèmes comptables ont été instaurés pour fournir la piste de vérification nécessaire pour l'impôt. Par contre, il est beaucoup plus difficile de fournir des centres de coûts distincts pour la R-D consacrée à des procédés industriels. Ces

travaux de R-D sont souvent effectués « à temps partiel » et peuvent prendre la forme de programmes relativement peu importants, non coordonnés et menés par la direction de l'entreprise afin d'accroître le rendement des procédés de fabrication.

Les statistiques au sujet de la R-D industrielle sont établies à la suite d'une enquête menée par Statistique Canada auprès des exécutants importants de R-D. Selon l'expérience européenne, il est probable que si l'enquête portait sur *toutes* les entreprises, sans tenir compte de l'importance des dépenses consacrées à la R-D, le nombre d'entreprises commerciales doublerait et le niveau général des dépenses en matière de R-D augmenterait de 10 p. 100.

Dans le secteur de la santé, il est difficile de mesurer la R-D parce que plusieurs professionnels de la santé font de la R-D dans le cadre de leurs activités habituelles. Selon des estimations officieuses de Statistique Canada, les services médicaux publics consacrent une valeur de près d'un demi milliard de dollars à la R-D, ce qui donnerait une sous-estimation des DIRD d'environ 6 p. 100.

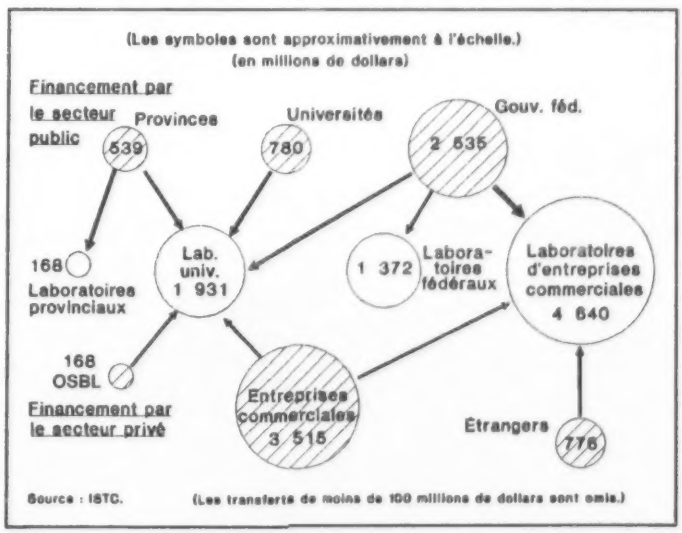
Les méthodes d'estimation des dépenses ne donnent pas toutes lieu à des sous-estimations. Les traitements payés dans les universités en sont un bon exemple. Statistique Canada a mis au point une formule permettant d'estimer la proportion de temps que les professeurs et les autres membres du personnel universitaire salariés consacrent à la R-D. Certains pays européens accordent une importance beaucoup plus grande que le Canada à la proportion de temps consacré à la recherche par les professeurs. Quant à savoir si cela donne une idée raisonnable ou non de la réalité, personne ne le sait. Puisque le traitement est un élément important de la R-D universitaire, le temps consacré à la R-D par les professeurs a une influence importante sur le niveau général des investissements consentis à la R-D dans le secteur universitaire. La proportion des traitements des professeurs consacrée à la R-D oscille entre 20 et 50 p. 100, si bien que, compte tenu de la proportion des traitements versée pour l'enseignement et considérée dans les dépenses universitaires consacrées à la R-D, la marge d'erreur risque d'être élevée dans les estimations de la R-D.

En bref, il est possible de sous-estimer fortement la R-D industrielle et la R-D faite dans le secteur de la santé. Pour ce qui est de la R-D universitaire cependant, une surestimation ou une sous-estimation sont possibles. Ces erreurs sont endémiques; les séries chronologiques actuelles touchant les DIRD tiennent compte de la sous-estimation continue de la R-D dès le moment où les statistiques ont été recueillies.

3. Organismes de financement et exécutants

Au cours de la dernière décennie, l'industrie a constamment accru sa part de financement et d'exécution de travaux de R-D au Canada. Pour l'année 1989, on estime que l'industrie a exécuté environ 56 p. 100 des DIRD et qu'elle en a financé 42 p. 100, ce qui représente une augmentation considérable par rapport aux 43 et 38 p. 100 de 1979. Pour la même période, la part de financement et d'exécution du gouvernement fédéral a diminué, chutant de 23 et 35 p. 100 respectivement à 17 et 31 p. 100. Les tableaux 3-2 et 3-3 donnent la matrice estimative des organismes de financement et des exécutants pour l'année 1989. Ils montrent que la source de financement se déplace radicalement des deux niveaux de gouvernement vers le secteur privé et les universités. Toutefois, les gouvernements provinciaux transfèrent un pourcentage

Tableau 3-2 - Flux des dépenses du Canada en R-D, 1989



beaucoup plus élevé de leur financement de la R-D aux exécutants extra-muros que ne le fait le gouvernement fédéral.

Tableau 3-3
Dépenses en matière de R-D par organisme de financement et par exécutant, 1989

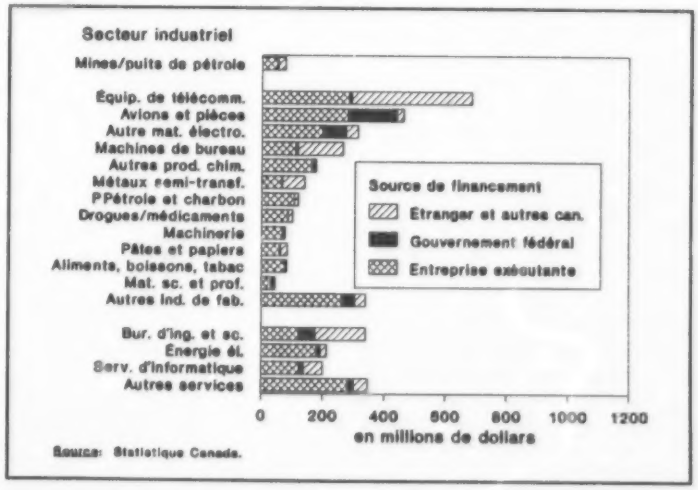
Org. de finan.	Exécutant							
	Fédéral	Provincial	OPR	EC	Universités	OSBL	Total	Part
	(en millions de $)							(%)
Fédéral	1 372	–	8	496	629	30	2 535	30
Provincial	–	168	53	51	244	23	539	6
OPR	–	–	2	–	–	–	2	0
EC	–	–	22	3 332	154	7	3 515	42
Universités	–	–	–	–	780	–	780	9
OSBL	–	–	–	–	111	57	168	2
Étrangers	–	–	2	761	13	–	776	9
Total	1 372	168	87	4 640	1 931	117	8 315	
Part (%)	17	2	1	56	23	1	100	100

Source : Statistique Canada, Division des services, des sciences et de la technologie, janvier 1990.

A la suite des fortes augmentations de la première moitié des années 1980, il ne s'est produit qu'une légère, voire aucune croissance réelle de l'aide apportée à la R-D par l'industrie ou le gouvernement fédéral depuis 1985.

Même si la majeure partie de la R-D effectuée dans le secteur industriel s'autofinance, le gouvernement fédéral constitue néanmoins une source importante de financement. Au cours des années 1980, l'aide direct du gouvernement fédéral s'est accru, soit en moyenne deux fois plus rapidement que le financement de l'industrie. Néanmoins, la part du fédéral est encore relativement faible. Elle a effectivement oscillé entre 10 et 11 p. 100 pendant presque toute cette décennie.

Tableau 3-4 - R-D industrielle intra-muros par source de fonds, 1987



4. R-D industrielle au Canada

Au Canada, comme ailleurs, les fonds consacrés à la R-D ne proviennent que d'un très petit nombre de secteurs industriels (tableau 3-4). Les industries où la R-D est prédominante comptent sur l'innovation pour maintenir leur avance sur leurs concurrents. De façon générale, leurs dépenses totalisent au moins 3 p. 100 des ventes. Par ailleurs, le secteur des ressources et d'autres industries effectuent relativement peu de R-D.

Les dépenses actuelles, soit celles qui ne comprennent pas les dépenses en immobilisations de chaque secteur industriel en proportion des ventes se trouvent au tableau 3-5.

Tableau 3-5
Dépenses courantes en matière de R-D, 1987

Industries	R-D	Moyenne R-D/Ventes
	(en millions de $)	(%)
Mines et puits de pétrole		
Mines	43	0,6
Pétrole brut et gaz naturel	26	0,5
Total - Mines et puits de pétrole	*69*	*0,6*
Fabrication		
Équipement de télécommunications	549	16,9
Avions et pièces	432	17,1
Machines de bureau	216	3,7
Produits raffinés du pétrole et du charbon	105	0,5
Drogues et médicaments	95	3,5
Aliments, boissons et tabac	70	0,2
Métaux non ferreux semi-transformés	96	1,3
Pâtes et papiers	69	0,3
Machinerie	72	3,2
Matériel scientifique et professionnel	36	2,5
Textiles	36	1,1
Produits métalliques	29	1,1
Pièces et composants électroniques	24	5,9
Métaux ferreux semi-transformés	26	0,3
Bois	22	0,6
Caoutchouc et plastique	16	0,7
Produits minéraux non métalliques	13	0,4
Autre matériel électronique	254	12,0
Autres produits chimiques	151	1,2
Autre matériel de transport	93	0,3
Autres appareils électriques	58	1,5
Autres industries de fabrication	29	2,3
Total - Fabrication	*2 492*	*1,5*
Services		
Bureaux d'ingénieurs et de scientifiques	294	11,9
Services d'informatique	175	11,7
Énergie électrique	170	1,0
Transport et autres services	111	0,4
Autres industries non manufacturières	189	0,9
Total - Services	*939*	*1,3*
Total - Toutes les industries	**3 501**	**1,4**

Source : Statistique Canada, *Statistiques sur la recherche et le développement industriels, 1987*, nº 88-002, septembre 1989.

Au Canada, la majeure partie de la R-D industrielle est effectuée par un petit nombre d'entreprises. En 1987, quelque 25 entreprises ont exécuté près de la moitié de cette R-D, comme le montre le tableau 3-6. La concentration de la R-D peut avoir de graves répercussions sur les dépenses, et les décisions de quelques entreprises peuvent modifier considérablement les dépenses globales de R-D et les dépenses totales de l'industrie.

Tableau 3-6
Principaux exécutants de R-D industrielle, 1987

Rang des exécutants	Total des dépenses en R-D intra-muros	
	(en millions de $)	(%)
10 premiers	1 506	37
25 premiers	2 035	50
50 premiers	2 401	59
75 premiers	2 645	65
100 premiers	2 808	69
Toutes les entreprises	4 069	100

Source : Statistique Canada, *Statistiques sur la recherche et le développement industriels, 1987*, nº 88-202, septembre 1989.

Les sociétés sous contrôle étranger effectuent généralement moins de R-D au Canada que les sociétés contrôlées par leurs concurrents canadiens. Cette différence est plus évidente dans secteurs comme celui de la machinerie, de l'équipement de transport, des produits électriques et électroniques, secteurs où la R-D est prédominante dans les autres pays industrialisés. La plupart des sociétés sous contrôle étranger sont des filiales d'importantes multinationales dont les sociétés-mères sont situées aux États-Unis et en Grande-Bretagne. Comme ces sociétés peuvent transférer facilement de la technologie, elles ont tendance à centraliser au siège social leurs travaux de R-D qui répondent à la plupart des besoins technologiques de leurs succursales. Par contre, dans certains secteurs, les entreprises sous contrôle canadien sont plus petites et leurs ventes plus faibles risquent de gonfler le rapport R-D et ventes.

5. Dépenses fiscales en matière de R-D

Les incitations fiscales à la R-D servent à favoriser et à accroître les dépenses en R-D au Canada, surtout en ce qui a trait à la R-D commerciale, et à améliorer la compétitivité technologique de l'industrie canadienne. Les dépenses fiscales représentent une méthode importante et efficace de stimuler la R-D industrielle au Canada. Ces dépenses font aussi partie intégrante de la stratégie globale adoptée par le gouvernement du Canada pour encourager une R-D industrielle plus solide.

Le programme de recherche scientifique et de développement expérimental, actuellement en vigueur, a été institué en mai 1985 pour remplacer le crédit d'impôt à la recherche scientifique qui a été supprimé parce qu'il donnait lieu à d'innombrables abus. Une définition des dépenses en R-D se trouve dans la circulaire d'information nº 86-4R2 de Revenu Canada; elle est semblable à celle utilisée par l'OCDE (*Manuel de Frascati*). Conformément aux recommandations du *Manuel de Frascati*, les avantages fiscaux en matière de R-D accordés à l'industrie ne sont pas considérés comme des dépenses et par conséquent, elles ne figurent pas dans les statistiques sur les dépenses de R-D du gouvernement fédéral.

Régime fiscal actuel

Les dispositions relatives au remboursement des crédits d'impôt à l'investissement (CII) ont été instaurées en mai 1985.

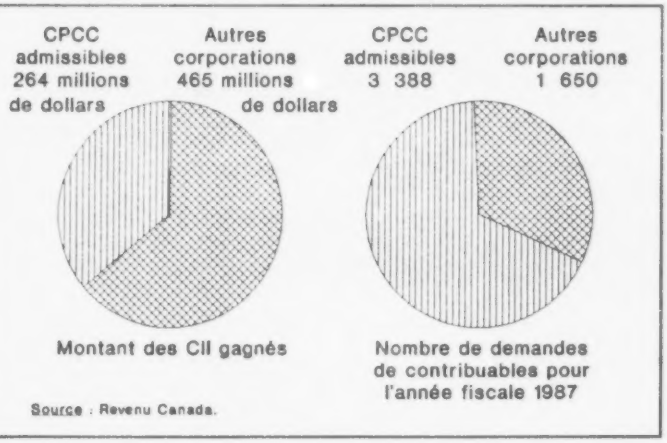
Les dépenses de R-D, capital actuel et admissible, peuvent être déduites du revenu imposable. Ces dépenses donnent également droit à des CII. Les CII doivent être déclarés comme revenu. L'importance des CII est en fonction du genre d'entreprise et de son emplacement. Les corporations privées dont le contrôle est canadien (CPCC) qui ont un revenu imposable inférieur à 200 000 $ peuvent réclamer 35 p. 100 de leurs dépenses en R-D sur la première tranche de 2 millions de dollars et 20 p. 100 sur le reste. Tous les autres genres d'entreprises ont le droit de réclamer 20 p. 100 des dépenses en R-D partout au pays, sauf dans les provinces de l'Atlantique y compris la péninsule de Gaspé, où les CII sont de 30 p. 100.

Les CPCC et les particuliers qui remplissent certaines conditions peuvent réclamer le remboursement de leurs CII non utilisés. Le montant des remboursements varie selon le genre d'entreprise. Les CPCC sont remboursées à 100 p. 100 sur la première tranche de 2 millions de dépenses courantes et à 40 p. 100 sur le reste. Les particuliers ont droit à un remboursement de 40 p. 100 des dépenses courantes et des dépenses d'investissement.

Avant la réforme fiscale, les entreprises de grande envergure pouvaient recevoir un remboursement pouvant atteindre 20 p. 100 de leurs CII, mais depuis 1988, cette mesure n'est plus en vigueur. Par ailleurs, le report des CII non réclamés à un exercice ultérieur porte maintenant sur une période de dix ans au lieu de sept. Une des conséquences importantes de la réforme fiscale, c'est qu'elle limite les CII qui peuvent être réclamés au cours de la même année à 75 p. 100 des impôts à payer. Les CPCC et les particuliers seront exemptés de cette limite pour un montant de 200 000 $ du revenu imposable.

Le tableau 3-7 donne certains chiffres sur les incitations fiscales à la R-D pour 1987, qui ont été publiés par Revenu Canada - Impôt dans un communiqué du 11 décembre 1989. On estime que pour 1987, des crédits d'impôt d'environ 729 millions de dollars ont été accordés sur les 3,8 milliards de dollars de R-D industrielle effectuée au cours de la même année. Comme ces crédits d'impôt sont considérés comme un revenu imposable, le manque à gagner pour le gouvernement est légèrement inférieur à ce montant.

Tableau 3-7 - Crédits d'impôt à l'investissement, 1987



Source : Revenu Canada.

6. Diffusion des technologies

L'« Enquête sur les technologies manufacturières »[8] est la deuxième enquête nationale sur l'utilisation actuelle et future des technologies de pointe au Canada, dans le secteur manufacturier. Toutefois, contrairement à la première enquête qui se limitait aux grandes et moyennes entreprises de fabrication, celle de mars 1989 portait sur les entreprises de toutes envergures.

À la suite de cette enquête, on a constaté que 48 p. 100 des usines utilisaient au moins une des 22 technologies manufacturières de pointe énumérées au tableau 3-8. La production de ces mêmes entreprises représentait environ 90 p. 100 de la valeur totale des expéditions du secteur manufacturier.

Tableau 3-8
Utilisation des technologies manufacturières de pointe, en pourcentage, mars 1989

Technologie	Établissements	Expéditions
	(%)	(%)
CAO et/ou ingénierie	17	49
CAO-FAO	7	20
CAO au service des achats	4	13
Cellules ou système de fabrication flexible	7	21
Machines CN/CNI	14	30
Lasers servant à la fabrication de matériel	2	9
Robots de mise en place	3	15
Autres robots	3	16
Système de stockage et d'extraction automatisé	4	15
Système de véhicules guidés automatiques	2	9
Matériel de détection informatique - I	9	31
Matériel de détection informatique - II	8	35
RL - Données techniques	11	41
RL - Pour l'usine	9	37
RL - Entre entreprises	10	35
Contrôleurs programmables	18	64
Ordinateurs servant au contrôle dans le procédé de fabrication	12	50
Planification des besoins matières	17	49
Planification des ressources en fabrication	10	33
Fabrication intégrée par ordinateur	4	21
Contrôle et acquisition des données de production	6	34
Intelligence artificielle/systèmes experts	2	7

Source : Statistique Canada, *Statistique des sciences*, 13 (9 et 10) (1989), nº 88-001.

Les technologies qui viennent en tête, selon le pourcentage des établissements qui les utilisent, sont les contrôleurs programmables, la conception (CAO) et l'ingénierie assistées par ordinateur ainsi que la planification des besoins matières.

Trois industries, classées selon la valeur de leurs expéditions ou selon le pourcentage des établissements, se situent en tête dans l'utilisation de la technologie : le matériel de transport, les métaux semi-transformés, ainsi que les appareils électriques et électroniques (voir le tableau 1-3). Pour l'ensemble des industries de fabrication, celle du matériel de transport a été le principal utilisateur de robots.

8. Statistique Canada, « Enquête sur les technologies manufacturières », *Statistiques des sciences*, 13 (9 et 10) (1989), nº 88-001.

Ce sont les fabricants du Québec et de l'Ontario qui ont le plus utilisé les nouvelles technologies, suivis par ceux de Terre-Neuve, de la Saskatchewan et de la Colombie-Britannique. La moitié ou plus des usines des deux premières provinces ont utilisé au moins une des 22 technologies (voir le tableau 3-9).

Dans 32 p. 100 des usines, qui produisent 67 p. 100 de l'ensemble des expéditions, les entreprises ont apporté certaines modifications aux technologies en question pour améliorer leurs rendement.

Les gestionnaires ont avoué qu'ils avaient eu des problèmes à employer du personnel compétent dans l'utilisation des nouvelles technologies dans 54 p. 100 des usines, qui produisent 66 p. 100 de l'ensemble des expéditions.

Selon une comparaison des résultats pour le Canada et ceux d'une enquête semblable, mais plus restreinte, réalisée aux États-Unis, les fabricants canadiens sont généralement en retard sur leurs concurrents américains dans l'utilisation de technologies de pointe.

Tableau 3-9
Utilisation des technologies manufacturières de pointe, par province, mars 1989

Province	Établissements utilisant au moins une TMP	Valeur des expéditions produites par les établissements utilisant au moins une TMP
	(% du total provincial)	
Terre-Neuve	49	57
Île-du-Prince-Édouard	31	71
Nouvelle-Écosse	32	85
Nouveau-Brunswick	34	64
Québec	54	88
Ontario	50	90
Manitoba	38	78
Saskatchewan	44	75
Alberta	37	86
Colombie-Britannique	43	86
Canada	48	88

Source : Statistique Canada, *Statistique des sciences*, 13 (9 et 10)(1989), nº 88-001.

7. Dépenses régionales en matière de R-D

Au Canada, les travaux de R-D ne sont pas répartis uniformément dans tout le pays. Les dépenses en matière de R-D semblent être concentrées en Ontario et au Québec et elles ont tendance à refléter la répartition de la population et de l'industrie au Canada.

Même si l'Ontario compte 36 p. 100 de la population du pays et 39 p. 100 du PIB, cette province bénéficie de 54 p. 100 des DIRD totales, comme le montre le tableau 3-10. Le Québec qui, comme l'Ontario, est une province industrialisée, compte 26 p. 100 de la population canadienne et 23 p. 100 du PIB et dispose de 21 p. 100 des DIRD.

Il existe des disparités encore plus importantes dans les provinces de l'Atlantique et de l'Ouest. Différents genres et niveaux de R-D doivent être faits dans chaque région, afin de profiter des points forts des secteurs industriels et d'extraction de leur économie.

En plus de bénéficier de la part la plus importante des DIRD fédérales, l'Ontario jouit du rapport R-D et PIB provincial le plus élevé. Avec un rapport DIRD et PIB de 1,9 p. 100 en 1986, l'Ontario a été l'une des deux provinces à afficher un pourcentage supérieur à la moyenne nationale de 1,41 p. 100. Toutefois, les chiffres de cette province comprennent la majeure partie des dépenses de R-D du fédéral dans la région de la Capitale nationale (RCN). Quatre provinces avaient un rapport DIRD et PIB inférieur à 1 p. 100; il s'agit de Terre-Neuve, du Nouveau-Brunswick, de la Saskatchewan et de la Colombie-Britannique.

Tableau 3-10
Dépenses de R-D, PIB et population, par province, 1987

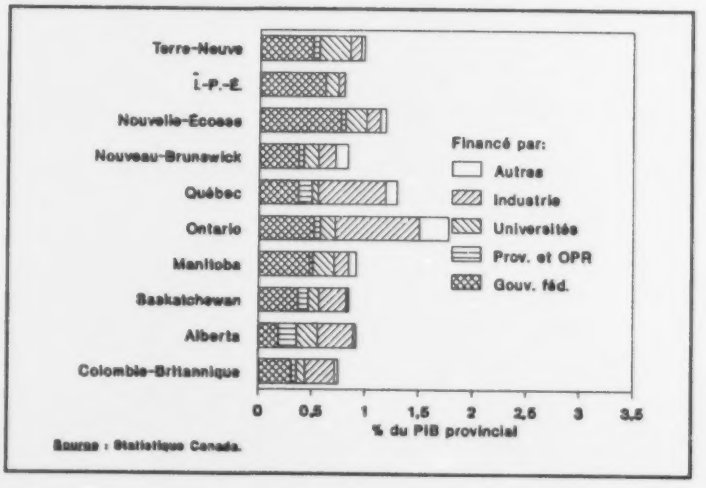
Province	PIB	Population	Dépenses de R-D				
			Fédéral	Provincial	Universités	Industrie et MNE	Total
	(en milliards de dollars)	(en milliers)	(en millions de $)				
Terre-Neuve	7	568	36	4	21	7	78
Î.-P.-É.	2	127	10	–	2	1	13
N.-É.	13	878	103	5	27	18	159
N.-B.	11	712	39	5	15	30	89
Québec	132	6 593	483	175	82	931	1 713
Ontario	225	9 265	1 174	136	322	2 306	4 010
Manitoba	20	1 079	96	7	41	28	186
Sask.	17	1 016	64	18	17	47	148
Alberta	59	2 378	113	100	119	204	546
C.-B.	62	2 925	190	29	49	178	459
Canada	549	25 617	2 309	479	695	3 751	7 395

Source : Statistique Canada, Division des services, des sciences et de la technologie, janvier 1990.

Les chiffres au sujet du Québec et de l'Ontario incluent les dépenses en matière de R-D dans leur zone respective de la RCN. Si la RCN n'est pas considérée dans les statistiques provinciales, les chiffres du Québec ne varient guère, mais le rapport DIRD et PIB de l'Ontario baisse à environ 1,4 p. 100.

Le tableau 3-11 donne une comparaison de l'importance que revêtent les différentes sources de financement par région. Tel que prévisible, l'industrie est la principale source de financement en Ontario et au Québec, où elle soutient près de 50 p. 100 de la R-D provinciale. Dans sept des dix provinces, le gouvernement fédéral est le principal organisme de financement; sa

Tableau 3-11 - Comparaison des sources de financement de la R-D, par province, 1987



part oscille entre 40 p. 100 en Colombie-Britannique et 78 p. 100 à l'Île-du-Prince-Édouard. Les gouvernements provinciaux de l'Alberta et du Québec s nt les seuls à financer plus de 10 p. 100 de la R-D régionale.

Les provinces où le gouvernement fédéral engage la plus grande part des dépenses en matière de R-D ont une base manufacturière plutôt faible. C'est pourquoi, tel que déjà expliqué, l'industrie n'est pas une source provinciale très importante de dépenses en matière de R-D. Dans ces provinces, la plupart des fonds fédéraux sont consacrés à la gestion et à l'exploitation du secteur des ressources. En Nouvelle-Écosse, par exemple, plus de la moitié des dépenses ont été engagées dans la R-D des secteurs de l'agriculture, des pêches et de l'exploitation en mer du pétrole et du gaz. De la même façon, en Colombie-Britannique, au moins la moitié des dépenses en matière de R-D du fédéral ont été dirigées vers les secteurs de l'agriculture, des pêches et des forêts.

8. Universités

Dans chaque province, le secteur universitaire constitue un rouage important dans le système de la R-D. Il effectue plus de 20 p. 100 de la R-D dans toutes les provinces, à l'exception de l'Ontario et de l'Î.-P.-É. et, dans huit provinces sur dix, les universités sont le principal ou le deuxième exécutant. Environ les deux cinquièmes du total de la R-D universitaire sont autofinancés à même les subventions universitaires générales, qui proviennent du programme d'enseignement postsecondaire du gouvernement fédéral, et un tiers est financé directement par le gouvernement fédéral (tableau 3-12). Cette proportion varie toutefois considérablement d'une province à l'autre. Le montant des fonds fédéraux accordés aux universités de chaque province est étroitement liés à la répartition de la population, et ce sont les universités de l'Ontario qui reçoivent la part la plus importante des fonds fédéraux, soit 39 p. 100; suivies par celles du Québec, avec 24 p. 100.

Tableau 3-12
Sources de financement de la R-D universitaire, par province, 1987

Province	Fédéral	Provincial	Entreprise	Auto-financement	Autres	Total
			(en millions de $)			
Terre-Neuve	10	–	3	21	1	35
Î.-P.-É.	1	–	–	2	–	3
N.-É.	22	1	3	27	4	57
N.-B.	10	2	2	15	–	29
Québec	149	90	39	82	30	390
Ontario	216	64	62	322	46	710
Manitoba	24	4	2	41	10	81
Sask.	20	10	3	17	2	52
Alberta	47	39	12	119	10	227
C.-B.	62	7	10	49	8	136
Canada	561	217	136	695	111	1 720

Source : Statistique Canada, Division des services, des sciences et de la technologie, janvier 1990.

9. Personnel scientifique, technique et d'ingénierie

Le tableau 3-13 montre que le nombre de titulaires d'un diplôme d'études supérieures a considérablement augmenté dans toutes les professions libérales de 1981 à 1986. Les chiffres ont doublé dans presque toutes les professions et dans plusieurs, l'augmentation est supérieure à celle du nombre total

d'emplois. Par conséquent, la proportion de personnel scientifique, technique et d'ingénierie est passée de 2,5 p. 100 en 1981 à 3 p. 100 en 1986.

Tableau 3-13
Main-d'oeuvre d'expérience de 15 ans et plus selon le niveau le plus élevé des diplômes obtenus

Profession	Nombre	Baccalauréats		Maîtrises		Doctorats	
	(000)	(000)	(%)	(000)	(%)	(000)	(%)
Gestionnaires, administrateurs et professions complémentaires	1 047,8	208,4	19,9	68,2	6,5	8,6	0,8
Sciences naturelles	469,3	135,0	28,8	34,8	7,4	10,6	2,3
Sciences physiques	42,9	12,4	28,8	3,6	8,5	3,6	8,3
Sciences de la vie	33,4	9,9	29,6	3,5	10,4	2,8	8,3
Architectes et ingénieurs	279,3	77,1	27,6	20,8	7,4	3,2	1,2
Mathématiciens, statisticiens et analystes de systèmes	113,7	35,7	31,4	6,9	6,1	1,1	0,9
Sciences sociales	260,8	80,5	30,9	33,5	12,8	4,0	1,5
Professeurs	566,4	224,3	39,6	61,9	10,9	25,9	4,6
Professeurs d'université	59,4	12,4	20,8	14,5	24,5	22,6	38,0
Médecine et santé[1]	635,8	66,0	10,4	10,7	1,7	4,2	0,7
Professions dans le commerce	1 371,5	92,0	10,9	10,0	7,3	0,8	0,6
Professions dans les services	1 824,0	49,8	2,7	4,8	0,3	0,4	0,0
Toutes les occupations	19 634,1	1 254,3	6,4	293,3	0,1	67,0	0,3

1. Y compris les premiers diplômes professionnels (MD, DDS, DMV, etc.) ainsi que les maîtrises et les doctorats.
Source : Statistique Canada, données du recensement.

La répartition du PSTI par province se trouve au tableau 3-14.

Tableau 3-14
PSTI, certaines professions, par province, données du recensement de 1986

Province	Profession		
	Experts en sciences naturelles	Ingénieurs et architectes	Experts en sciences sociales
Terre-Neuve	3 355	1 570	3 445
Île-du-Prince-Édouard	820	325	1 055
Nouvelle-Écosse	7 630	3 660	6 600
Nouveau-Brunswick	5 420	2 645	5 575
Québec	76 830	30 500	55 155
Ontario	120 825	67 960	92 810
Manitoba	9 685	5 220	11 105
Saskatchewan	7 330	3 645	8 560
Alberta	36 360	21 760	24 325
Colombie-Britannique	28 095	15 005	30 945
Canada[1]	296 520	153 800	240 780

1. Y compris le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest.
Source: Statistique Canada, données du recensement.

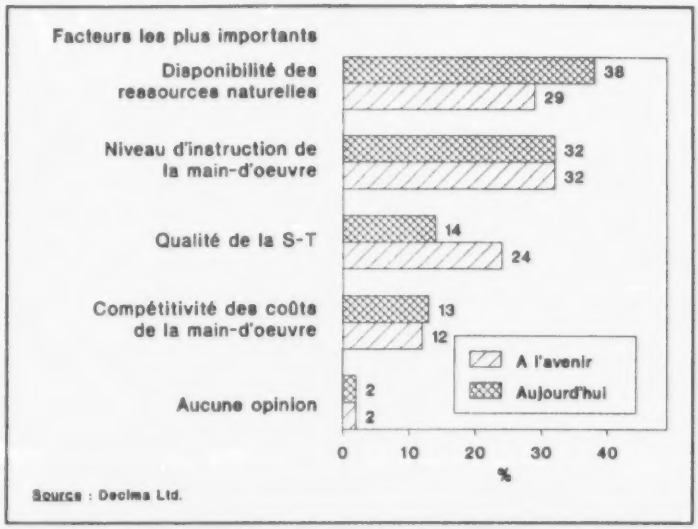
10. Attitudes des Canadiens à l'égard des sciences

En août 1988, la société Decima Ltd. a mené une enquête sur l'attitude à l'égard de la S-T dans le cadre d'une étude visant à évaluer l'efficacité d'une campagne de sensibilisation à la S-T dirigée par le ministère d'État - Sciences et Technologie. La société Decima a fait son enquête selon les méthodes habituelles de sondage d'opinions. Elle a questionné plus de 1 000 Canadiens de toutes les régions du pays. La marge d'erreur dans de tels sondages ne dépasserait pas, semble-t-il, 3,1 p. 100 19 fois sur 20.

Les questions touchant les attitudes à l'égard de la S-T faisaient partie d'un sondage plus étendu. Voici un échantillon des questions pertinentes (le texte a été révisé) :

- Quel est, d'après vous, le facteur qui contribue le plus à la croissance économique du Canada?
- Quel est, d'après vous, le facteur qui contribuera le plus à la croissance économique du Canada?
- Si vous deviez donner des conseils à un jeune qui doit décider de son orientation professionnelle, quelle carrière lui recommanderiez-vous? (Choisissez deux des sept carrières énumérées).
- Dans quelle mesure est-il important que le Canada développe sa propre technologie?
- Pensez-vous que le Canada consacre suffisamment d'argent à la R-D?
- Comment jugez-vous le soutien accordé à la R-D par le gouvernement fédéral?
- Dans quelle mesure le gouvernement fédéral devrait-il jouer un rôle actif dans le développement de la technologie canadienne?

Tableau 3-15 - Quel est le facteur qui contribue le plus à la croissance économique?



Les résultats de certaines de ces questions se trouvent aux tableaux 3-15 à 3-17 :

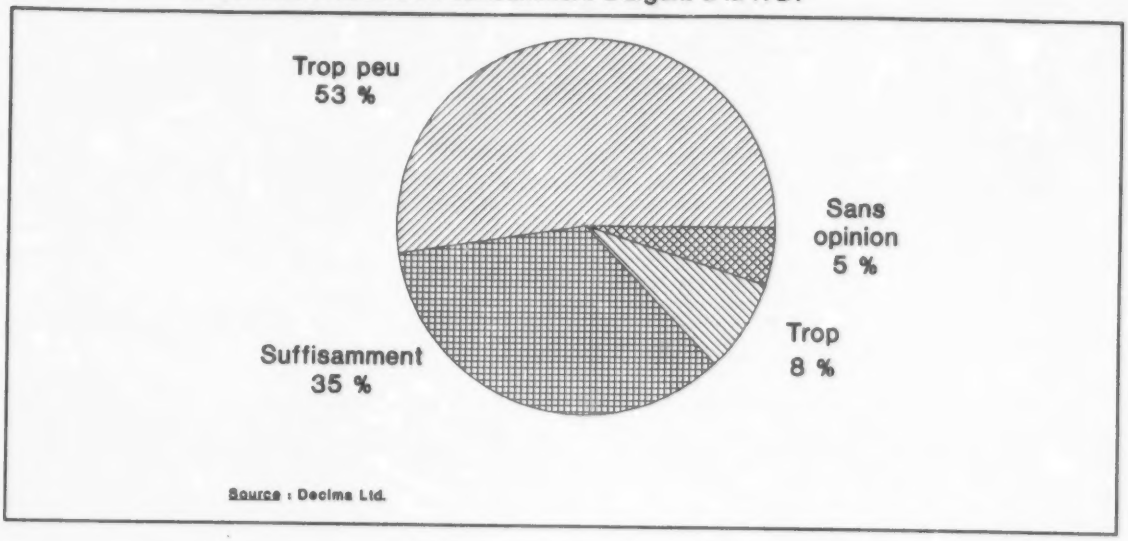
Tableau 3-16
Quelles carrières recommanderiez-vous?

Carrière	Personnes interrogées ayant recommandé cette carrière[1]
	(%)
Programmation informatique	54
Médecine	37
Génie	33
Affaires	24
Droit	23
Enseignement	19
Biologie	9

1. Le total est de 200 p. 100 étant donné que les personnes interrogées devaient fournir deux réponses; le choix entre sept professions seulement avait été donné.

Source : Decima Ltd., août 1988.

Tableau 3-17 - Le Canada consacre-t-il suffisamment d'argent à la R-D?



Source : Decima Ltd.

Il est possible de faire un rapprochement entre des sondages de ce genre et des variables démographiques pour vérifier jusqu'à quel point les questions sont influencées par l'âge, le sexe, la langue, la région, etc. Ces résultats se trouvent aux tableaux 3-18 à 3-20. Il est à noter que l'âge n'avait pas de rapport très étroit avec ces questions. À titre d'exemple, voici une comparaison entre des réponses à trois questions, selon le sexe.

Tableau 3-18
Carrières recommandées, selon le sexe de la personne interrogée

Carrière recommandée	Personnes interrogées	
	Hommes	Femmes
	(%)	
Programmation informatique	48	60
Médecine	35	38
Génie	44	22
Affaires	27	20
Droit	21	25
Enseignement	14	23
Biologie	10	8

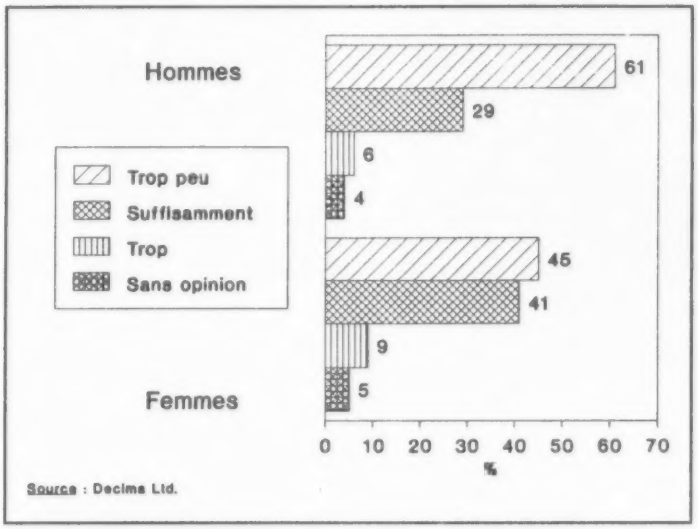
Source : Decima Ltd., août 1988.

Tableau 3-19
Dans quelle mesure importe-t-il d'emboîter le pas aux autres pays en matière de S-T?

	Hommes	Femmes
	(%)	
Pas important	4	4
Relativement important	26	37
Très important	70	59

Source : Decima Ltd., août 1988.

Tableau 3-20 - Le Canada consacre-t-il suffisamment d'argent à la S-T?



L'importante différence d'opinions qui existe selon le sexe sur la question de la S-T a de fortes répercussions politiques. Les différences d'opinions qui existent au sujet de la carrière d'ingénieur, par exemple, sont probablement étroitement liées à la très faible proportion de femmes qui font des études de génie. Si le Canada souhaite voir augmenter le nombre d'ingénieurs en formation ou qu'il demeure le même au pays, il faudra attirer davantage de femmes dans la profession. Il est peu probable que ce changement se produise tant que des mesures pour modifier l'attitude des femmes à l'égard de cette profession ne seront pas prises.

* * *

CHAPITRE 4
RÉPARTITION DU BUDGET FÉDÉRAL EN MATIÈRE DE S-T

1. Tendances au cours des années 1980

Au cours des années 1980, les dépenses fédérales en matière de S-T ont plus que doublé; elles sont passées de 2,4 milliards de dollars en 1980-1981 à environ 5 milliards de dollars en 1989-1990. En dix ans, les dépenses ont augmenté en moyenne annuellement de 8,6 p. 100. Ce rythme de progression n'a toutefois pas été uniforme pendant toute la période. La plus importante part de l'augmentation s'est faite à un rythme annuel de 14,2 p. 100. Dernièrement, elle ne progressait plus que de 4,4 p. 100 par an (tableau 4-1).

En dollars indexés, les dépenses fédérales en matière de S-T ont augmenté en moyenne de 3,4 p. 100 par an et elles sont passées de 2,7 milliards de dollars en 1980-1981 à 3,6 milliards de dollars cette année. La croissance réelle a diminué, passant de 6,9 p. 100 annuellement au cours de la première moitié de cette période à 0,8 p. 100 par an au cours de la deuxième moitié de cette même période.

Les dépenses en matière de S-T pour 1989-1990 représentent environ 4 p. 100 des dépenses fédérales totales et environ 12 p. 100 de la part non statutaire du budget. La proportion des dépenses non statutaires représentée par les dépenses en matière de S-T a augmenté de 1,5 point depuis 1985-1986. De 1980-1981 à 1984-1985, la proportion des dépenses non statutaires que représentent les dépenses en matière de S-T a progressé d'un point (tableau 4-1).

Tableau 4-1
Dépenses fédérales en matière de S-T, de 1980-1981 à 1989-1990

											Taux de croissance annuels moyens		
	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990	1980-1984	1984-1989	1980-1989
	(en milliards de dollars)										(%)		
Dollars courants	2,40	2,89	3,24	3,66	4,08	4,14	4,45	4,51	4,86	5,05	14,2	4,4	8,6
Dollars de 1981	2,66	2,89	2,98	3,21	3,47	3,43	3,60	3,49	3,62	3,60	6,9	0,8	3,4
Croissance réelle d'une année à l'autre (%)	9,0	8,6	3,1	7,6	8,1	(1,1)	5,0	(3,0)	3,6	(0,5)	–	–	–
Dépenses non statutaires[1] (%)	8,0	8,3	9,1	9,6	9,1	10,3	10,4	9,8	10,6	11,8	–	–	–

1. Certains changements de méthodes de comptabilité se sont produits dans les comptes publics en 1985-1986 et par conséquent, les cinq premières années pour lesquelles ont été comparées les dépenses en matière de S-T aux dépenses non statutaires ne sont pas absolument comparables aux cinq dernières années.

Sources : Statistique Canada, Tableaux spéciaux, juillet 1989.
Receveur général, *Comptes publics du Canada*, vol. 1, de 1980-1981 à 1988-1989.
Conseil du Trésor, *Budget des dépenses 1989-1990, Partie 1, Plan de dépenses du gouvernement*, février 1989.

Les dépenses ont augmenté plus que la moyenne dans des ministères et organismes qui consacrent des fonds considérables à la R-D comme le ministère de la Défense nationale (DN), le ministère de l'Expansion industrielle régionale (EIR), le Conseil de recherches médicales (CRM), le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) (tableau 4-2). Par contre, les dépenses du ministère des Communications (Com), d'Énergie atomique du Canada Ltée (EACL), d'Environnement Canada (EC) et celui ministère des Pêches et Océans (P&O) se sont accrues à un rythme inférieur à la moyenne.

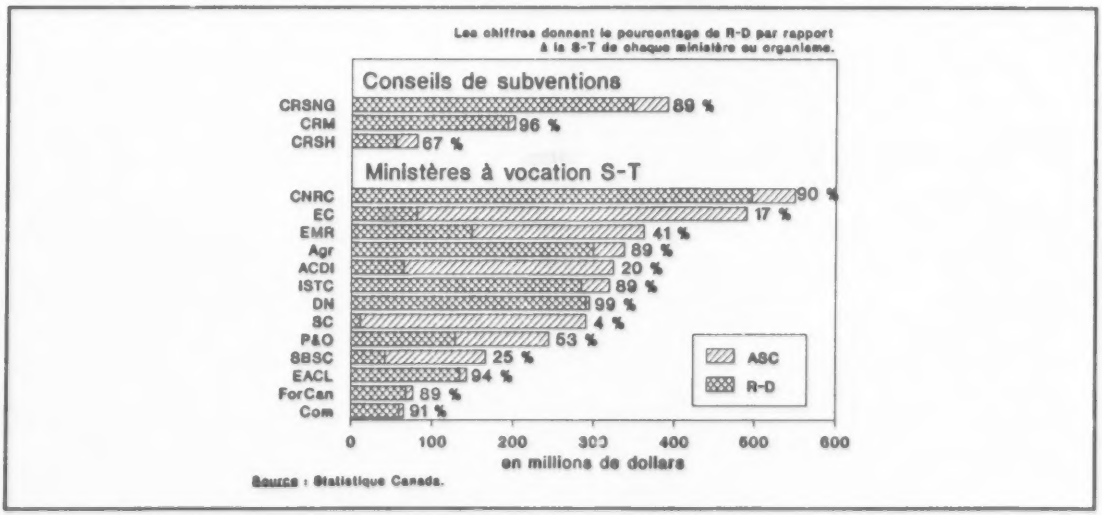
Tableau 4-2
Dépenses fédérales en matière de S-T par organisme de financement important, de 1980-1981 à 1989-1990

											Taux de croissance annuels moyens		
	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990	1980-1984	1984-1989	1980-1989
	(en millions de $)										(%)		
ACDI	148,0	165,5	184,5	188,8	223,2	226,0	280,3	309,2	357,8	325,5	10,8	7,8	9,2
Agr	183,8	210,8	236,2	354,1	390,9	405,3	408,5	312,2	329,8	337,9	20,4	(3,6)	7,0
BNC	21,3	28,8	34,0	36,8	37,5	42,1	45,2	45,5	47,8	47,3	15,2	4,8	9,3
CNRC	230,0	285,5	352,4	411,5	484,5	423,9	468,2	481,8	526,4	550,0	20,5	2,6	10,2
Com	67,6	90,0	103,3	86,2	94,0	77,8	66,4	64,8	65,6	65,4	8,6	(7,0)	(0,4)
CRDI	39,8	43,0	48,2	63,7	75,7	81,8	90,8	93,7	106,2	115,2	17,4	8,8	12,5
DN	103,5	118,9	145,4	162,3	195,4	214,2	224,9	251,0	269,3	295,4	17,2	8,6	12,4
E&I	17,6	19,3	21,2	22,3	23,9	26,8	39,3	64,6	64,8	66,4	7,9	22,7	15,9
EACL	100,9	103,4	129,6	138,0	150,3	140,1	170,8	138,7	118,8	142,6	10,5	(1,0)	3,9
EMR	194,2	232,2	256,5	288,7	337,9	387,9	397,4	383,0	383,4	362,0	14,8	1,4	7,2
EC	296,6	338,4	376,7	348,6	376,4	384,4	417,2	441,3	458,8	490,1	6,1	5,4	5,7
ForCan[1]	–	–	–	–	–	–	–	78.1	88.0	76.1	–	–	–
ISTC(EIR)	96,2	135,2	130,0	164,0	173,0	202,8	188,9	219,3	235,2	273,0	15,2	9,6	12,0
MNC	61,0	67,1	73,0	82,2	86,0	96,8	113,4	102,7	151,5	140,2	9,0	10,3	9,7
P&O	143,4	148,5	183,7	211,6	253,8	245,9	224,2	212,7	219,7	245,0	15,3	(0,7)	6,1
SBSC	72,0	86,5	94,1	109,9	118,3	114,7	123,4	142,4	163,8	166,2	12,9	7,0	9,6
SC	157,7	246,9	208,2	229,7	249,2	262,7	360,7	287,0	281,8	290,7	12,1	3,1	7,0
CRSNG	163,2	202,0	245,3	282,1	312,7	311,3	320,9	339,4	366,0	391,2	17,6	4,6	10,2
CRM	82,2	100,4	113,5	140,7	157,0	161,6	168,3	175,1	189,0	102,4	17,6	5,2	10,5
CRSH	42,8	46,9	56,8	60,5	63,2	63,7	70,6	70,7	76,3	82,1	10,2	5,4	7,5
Autres	177,1	220,7	249,3	275,9	279,3	269,8	268,4	292,6	359,6	389,3	12,1	6,9	9,1
Total	2 401,8	2 890,0	3 241,0	3 657,6	4 082,2	4 139,6	4 448,5	4 505,8	4 859,6	5 054,0	14,2	4,4	8,6

1. Les dépenses pour Forêts Canada se trouvent dans celles d'Agriculture Canada pour la période allant de 1982-1983 à 1986-1987 et dans celles d'Environnement Canada pour la période précédente.

Source: Statistique Canada, Tableaux spéciaux.

Tableau 4-3 - Dépenses fédérales en S-T par ministère ou organisme, 1989-1990



La R-D représente une part importante des dépenses du gouvernement fédéral en matière de S-T. Avant 1985, cette proportion avait augmenté régulièrement passant de 57 p. 100, en 1980, à 60 p. 100, en 1984. Depuis, cette proportion est retombée à 57 p. 100 en 1987 et, pour 1989, elle a été estimée à un plus de 58 p. 100 (tableau 4-4).

Par contre, au cours des années 1980, les dépenses fédérales en matière de R-D ont augmenté, en moyenne, un peu plus rapidement que les dépenses totales en matière de S-T. Les dépenses sont passées d'environ 1,4 milliard de dollars en 1980-1981 à près de 3 milliards de dollars en 1989-1990, soit une augmentation annuelle moyenne de près de 9 p. 100 ou 3,7 p. 100 en dollars réels. Comme pour le total des dépenses en matière de S-T, cette augmentation a été plutôt irrégulière, et s'est produite surtout avant 1985-1986 (tableau 4-5).

La majeure partie de l'augmentation des dépenses en matière de R-D s'est produite dans les programmes administrés par le CNRC, le CRSNG, les ministères de la Défence nationale, de l'Industrie, Sciences et Technologie Canada (Expansion industrielle régionale), de l'Agriculture et le CRM (tableau 4-6). Les dépenses totales de ces six ministères et organismes ont augmenté de 1,1 milliard de dollars et elles représentaient 70 p. 100 de l'augmentation globale des dépenses en matière de R-D. Au cours des années 1980, leur proportion des dépenses fédérales totales en matière de R-D est donc passée de 57 p. 100 à 64 p. 100.

Tableau 4-4 - Pourcentage de R-D dans le programme fédéral de S-T, de 1980 à 1989

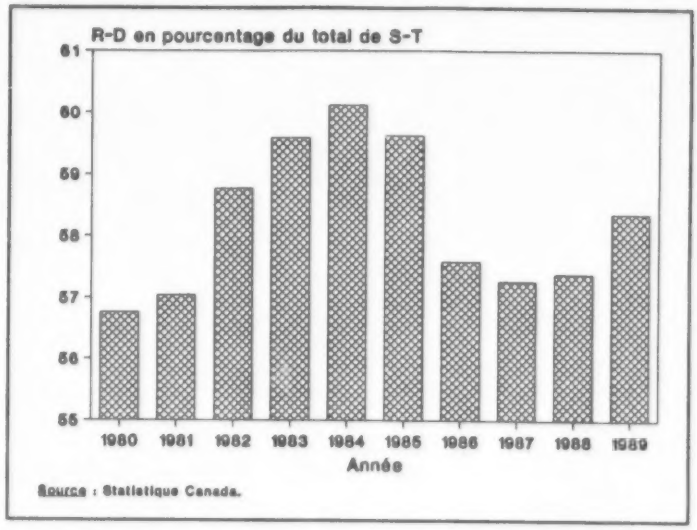


Tableau 4-5 - Dépenses fédérales en matière de R-D, de 1980-1981 à 1989-1990

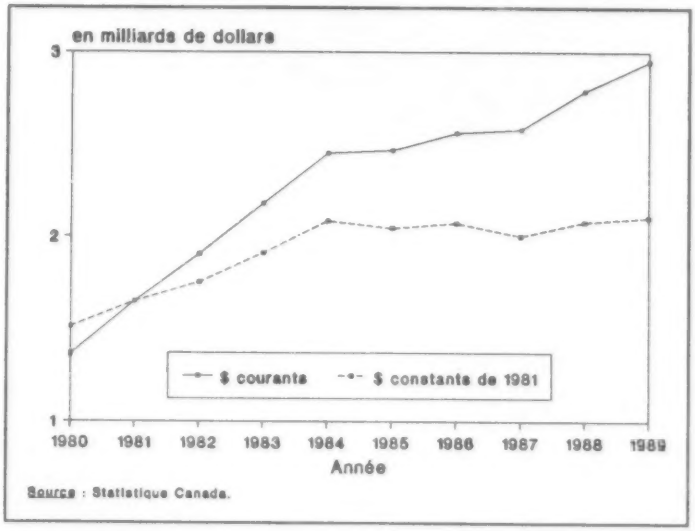


Tableau 4-6
Dépenses fédérales en matière de R-D, par organisme de financement important, de 1980-1981 à 1989-1990

	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990	Taux de croissance annuels moyens 1980-1984	1984-1989	1980-1989
	(en millions de $)										(%)		
ACDI	32,1	36,4	42,2	42,2	48,0	50,5	61,7	66,4	75,6	65,5	10,6	6,4	8,3
Agr	162,2	186,5	209,9	312,7	347,8	367,3	372,3	286,0	297,2	299,6	21,0	(2,9)	7,1
CNRC	193,2	239,8	306,0	361,1	435,0	378,1	415,3	428,0	474,5	496,9	22,5	2,7	11,1
Com	52,7	77,8	93,7	82,9	85,7	68,3	82,9	60,9	60,5	59,5	12,9	(7,0)	1,4
CRDI	33,2	37,4	41,7	52,5	59,8	64,9	74,6	77,4	87,8	95,2	15,8	9,8	12,4
DN	101,4	116,1	142,7	159,1	191,5	210,4	221,3	247,1	264,7	290,8	17,2	8,7	12,4
EACL	78,8	90,7	114,1	120,7	131,7	122,8	150,8	130,6	111,8	134,2	13,7	0,4	6,1
EMR	84,5	108,6	118,1	135,6	155,5	179,6	182,3	146,1	164,8	149,1	16,5	(0,9)	6,5
EC	97,6	107,2	116,9	67,4	60,3	59,0	64,5	65,7	75,2	80,8	(11,3)	6,0	(2,1)
ForCan[1]	–	–	–	–	–	–	–	70,4	80,0	68,3	–	–	–
ISTC(EIR)	95,5	130,7	117,9	146,0	167,6	197,8	186,2	209,1	221,4	254,1	15,1	8,7	11,5
MNC	3,3	5,5	7,9	8,0	8,6	10,2	13,0	13,7	16,3	18,0	27,0	15,9	22,5
P&O	82,3	89,8	108,4	126,7	138,8	142,8	128,1	114,0	116,3	128,7	14,0	(1,5)	5,1
SBSC	28,2	31,8	29,4	36,0	34,0	31,6	35,5	40,2	41,2	42,6	4,8	4,6	4,7
SC	6,4	4,0	6,0	9,2	10,6	10,9	9,3	11,0	10,5	10,8	13,4	0,4	6,0
CRSNG	146,5	181,7	218,2	248,7	272,8	271,7	281,7	301,0	324,5	349,8	16,8	4,9	10,0
CRM	80,0	97,1	109,2	136,0	151,3	155,4	161,5	168,6	181,6	194,5	17,3	5,2	10,4
CRSH	25,8	29,3	37,3	39,6	41,3	39,1	43,2	44,0	50,8	54,8	12,5	5,8	8,7
Autres	58,0	76,6	85,4	94,9	113,5	107,7	97,4	100,4	134,4	159,3	18,3	7,0	11,9
Total	1 363,2	1 648,5	1 905,0	2 179,3	2 453,8	2 468,1	2 561,6	2 580,6	2 789,1	2 949,6	15,8	3,8	9,0

1. Les dépenses pour Forêts Canada se trouvent dans celles d'Agriculture Canada pour la période allant de 1982-1983 à 1986-1987 et dans celles d'Environnement Canada pour la période précédente.

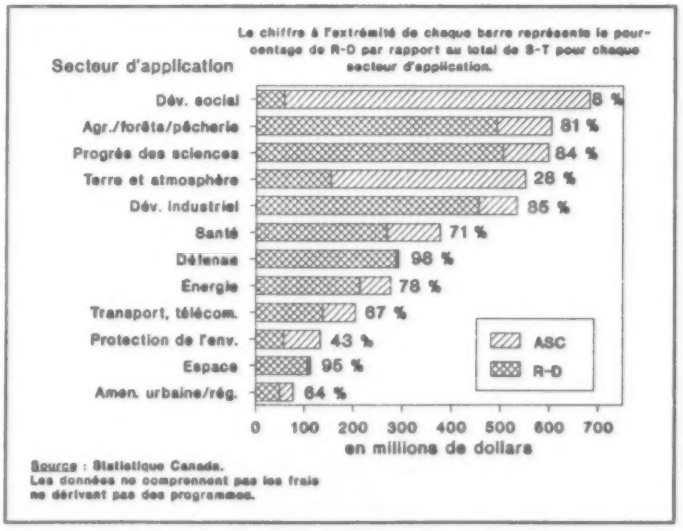
Source : Statistique Canada, Tableaux spéciaux.

2. Dépenses en matière de S-T par secteur d'application

Le tableau 4-7 donne la répartition des dépenses fédérales en matière de S-T par secteur d'application. Le développement social reçoit près de 700 millions de dollars alors que l'agriculture, les forêts et la pêche ainsi que le progrès des sciences reçoivent chacun 600 millions. Les deux dernières applications ainsi que le développement industriel sont les principaux secteurs d'application pour les dépenses en matière de R-D.

Tel que prévisible, les ministères comme Agriculture Canada, Énergie, Mines et Ressources, Environnement Canada, Pêches et Océans et ISTC sont les principaux organismes de financement dans leurs principaux secteurs de responsabilité. Plus particulièrement, le CNRC soutient une multitude de travaux par secteur d'application.

Tableau 4-7 - Dépenses fédérales en matière de S-T par secteur d'application, 1989-1990



3. S-T du gouvernement fédéral par exécutant

Il existe trois principaux exécutants de S-T financés par le gouvernement fédéral : les laboratoires du gouvernement fédéral (intra-muros), l'industrie et les universités canadiennes. Les établissements scientifiques du gouvernement fédéral constituent, de loin, l'exécutant le plus important. Ils ont reçu, en 1989-1990, 2,9 milliards de dollars, soit 58 p. 100 du financement total. La deuxième part en importance, soit 0,9 milliard de dollars qui représente environ 17 p. 100, a été dépensée dans le secteur industriel. Les universités canadiennes ont reçu 0,8 milliard de dollars, soit 16 p. 100 du financement fédéral global. Les 9 p. 100 qui restent sont allés à des organismes sans but lucratif, aux gouvernements provinciaux et municipaux, à des exécutants étrangers et à d'autres (tableau 4-8).

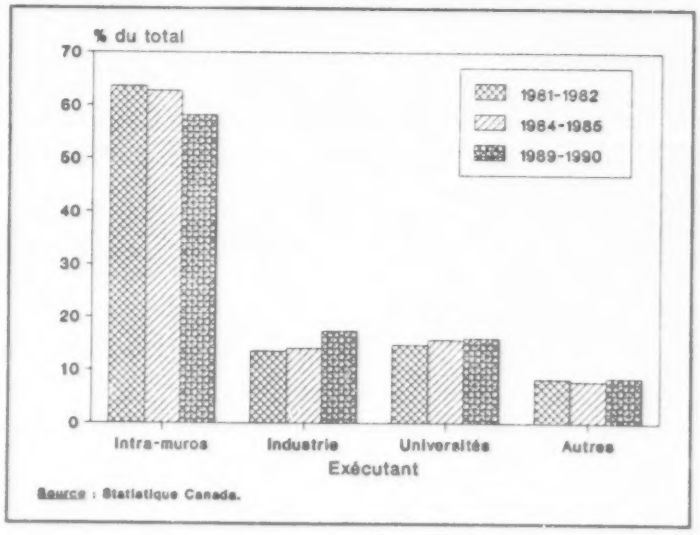
Tableau 4-8
Dépenses du gouvernement fédéral par secteur d'exécution, de 1982-1983 à 1989-1990

Secteur d'exécution	1981-1982	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990
					(en millions de dollars)				
Intra-muros	1 836	2 072	2 303	2 558	2 571	2 790	2 720	2 838	2 942
Industrie	389	422	488	572	611	635	702	803	872
Universités	422	499	566	636	637	663	697	769	808
Organismes sans but lucratif	25	30	47	44	42	53	77	89	104
Autres	84	59	78	79	74	73	85	97	83
Étrangers	133	160	176	194	208	235	224	263	244
Total	2 889	3 242	3 658	4 083	4 141	4 449	4 505	4 859	5 053

Source : Statistique Canada, *Statistique des sciences*, 13 (5)(1989), nº 88-001.

Les dépenses intra-muros en matière de S-T ont atteint 2,9 milliards de dollars en 1989-1990, soit 60 p. 100 ou 1,1 milliard de dollars de plus qu'en 1981-1982. Les dépenses de l'industrie et des universités ont aussi fortement augmenté au cours de cette période, soit 124 p. 100 et 91 p. 100 respectivement. Par contre, la proportion des dépenses totales en matière de S-T représentée par les dépenses intra-muros a diminué au cours de cette période de neuf ans; elle a chuté de 64 p. 100 à 58 p. 100. Par ailleurs, la part de l'industrie a augmenté de plus de 3 points pour atteindre 17 p. 100. La part des universités a légèrement augmenté pour atteindre 16 p. 100 (tableau 4-9).

Tableau 4-9 - Dépenses fédérales en matière de S-T par exécutant, 1981-1982, 1984-1985 et 1989-1990



Les dépenses intra-muros qui, tel que déjà signalé, représentent 58 p. 100 des dépenses totales pour 1989-1990 ont augmenté de 3,6 p. 100, soit 103 millions de dollars par rapport à l'année précédente. Par contre, les dépenses pour les contrats et subventions en matière de R-D,

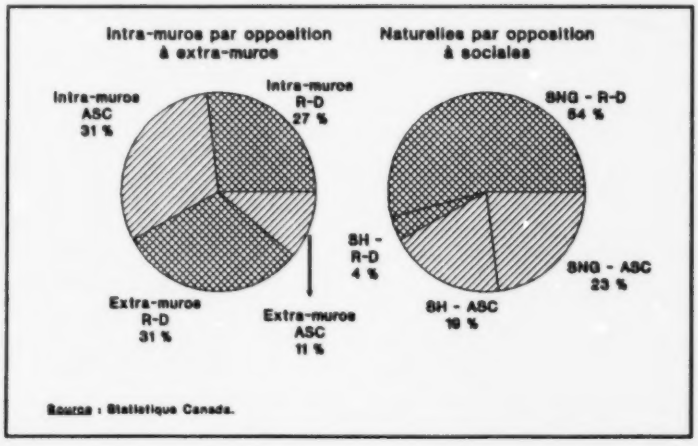
qui représentent au total environ 30 p. 100 des dépenses totales en matière de S-T pour 1989-1990, ont progressé plus rapidement que les dépenses pour la R-D intra-muros. Les contrats et les subventions en matière de R-D devaient augmenter respectivement, selon les estimations, d'environ 11 p. 100 et 6 p. 100 en 1989-1990. Voir le tableau 4-10 pour plus de détails.

Tableau 4-10
Dépenses fédérales totales en matière de S-T, par activité, de 1987-1988 à 1989-1990

	1987-1988	1988-1989	1989-1990	1987-1988	1988-1989	1989-1990
		(en millions de $)			(%)	
Extra-muros						
Contrats de R-D	284,4	331,5	367,9	6,3	6,8	7,3
Subventions de R-D	963,6	1 088,2	1 150,8	21,4	22,4	22,8
Bourses de R-D	51,7	59,0	59,6	1,1	1,2	1,2
ASC	486,0	542,6	534,1	10,8	11,2	10,6
Total extra-muros	1 785,6	2 021,3	2 112,4	39,6	41,6	41,8
Intra-muros						
R-D intra-muros	1 014,0	1 037,4	1 081,7	22,5	21,3	21,4
ASC intra-muros	1 298,1	1 382,2	1 406,5	28,8	28,4	27,8
Capital	281,2	285,2	313,8	6,2	5,9	6,2
Administration	126,9	133,5	139,5	2,8	2,7	2,8
Total intra-muros	2 720,2	2 838,3	2 941,6	60,4	58,4	58,2
Total S-T[1]	**4 505,8**	**4 859,6**	**5 044,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**

1. Il est possible que les chiffres ne s'additionnent pas parfaitement car ils ont été arrondis.
Source: Statistique Canada, *Dépenses et main-d'oeuvre scientifiques fédérales, 1989-1990*, juin 1989.

Tableau 4-11 - Dépenses fédérales en matière de S-T, 1989-1990



La répartition des parts des exécutants varie selon le domaine des sciences, soit les sciences naturelles et génie (SNG), soit les sciences sociales et humaines (SH); le type d'activité, soit la R-D, soit les activités scientifiques connexes (ASC) et le mandat du ministère ou de l'organisme qui assure le financement. Les programmes extra-muros sont orientés vers la R-D plutôt que vers les ASC comme la collecte de données, l'information scientifique, les services des musées, les études sur les opérations et les politiques, soit approximativement trois fois plus. Les programmes intra-muros, par contre, sont répartis de façon plus égale entre la R-D et les ASC. Dans les ASC, ce sont les activités intra-muros qui représentent la plus importante proportion. Puisque les SH sont surtout orientées vers les activités scientifiques connexes, les ASC représentent la majorité des dépenses pour les SH, soit une proportion d'environ 5 pour 1. La R-D représente de loin la plus importante part des dépenses dans les SNG (tableau 4-11).

4. Employés de la Fonction publique affectés aux activités de S-T du gouvernement fédéral

Le nombre d'employés du gouvernement fédéral affectés aux activités de S-T a diminué d'environ 1 200 années-personnes en sept ans. L'ensemble de cette réduction s'est produite de 1984-1985 à 1986-1987, alors que le nombre d'employés affectés à la S-T a été réduit d'environ 1 900 années-personnes. Depuis, le nombre d'années-personnes a augmenté de 700 (tableau 4-12). Le changement net qui s'est produit depuis 1984-1985 jusqu'à maintenant est d'environ moins 5,1 p. 100, soit 1 815 années-personnes. Dans le budget de mai 1985, le gouvernement a annoncé un programme de réduction de la Fonction publique. Jusqu'en 1989-1990, la réduction nette du nombre d'années-personnes autorisées était de 11 596, soit une diminution de 4,8 p. 100. La réduction du nombre d'employés fédéraux affectés à la S-T correspond à l'objectif du programme général du gouvernement. La majeure partie de la diminution des effectifs s'est faite dans le secteur de la R-D, le nombre d'années-personnes consacrées à la R-D ayant diminué de 6 p. 100, passant de 16 383 en 1984-1985 à 15 337 en 1989-1990.

Tableau 4-12
Fonctionnaires affectés aux activités de S-T par ministère ou organisme important, de 1983-1984 à 1989-1990

Ministère	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990
				(années-personnes)			
ACDI	139	146	152	146	147	151	147
Agr	5 636	5 550	5 213	5 019	4 018	4 032	4 009
CNRC	3 424	3 515	3 400	3 256	3 320	3 415	3 456
Com	613	660	409	395	434	405	415
CRDI	266	289	284	289	293	308	308
DN	1 947	1 913	1 891	1 901	1 935	1 943	1 941
EACL	2 665	2 649	2 562	2 603	2 562	2 442	2 489
EMR	2 661	2 718	2 783	2 712	2 662	2 675	2 602
EC	4 415	4 538	4 448	4 402	4 541	4 583	4 589
ForCan[1]	–	–	–	–	949	953	928
ISTC(EIR)	171	198	237	167	201	209	208
P&O	2 403	2 512	2 548	2 435	2 291	2 313	2 353
SBSC	1 445	1 446	1 450	1 313	1 642	1 684	1 716
SC	4 651	4 596	4 569	4 416	4 383	4 225	4 104
CRSNG	111	138	148	143	151	159	173
CRM	51	54	54	53	53	54	53
CRSH	104	104	107	103	95	97	96
Autres	5 058	4 777	4 629	4 584	4 157	4 385	4 400
Total	35 760	35 803	34 884	33 937	33 834	34 033	33 988

1. Le programme de Forêts Canada faisait partie d'Agriculture Canada de 1983-1984 à 1986-1987.
Source : Statistique Canada, *Dépenses et main-d'oeuvre scientifiques fédérales, 1989-1990*, juin 1989.

Le tableau 4-13 donne une répartition par catégorie et il montre que près d'un tiers des effectifs totaux affectés à la S-T pour 1989-1990, soit 11 187 années-personnes, font partie de la catégorie professionnelle. Même si le nombre total d'années-personnes pour la S-T est demeuré relativement stable depuis trois ans,

il y a maintenant plus de membres des catégories de soutien, comme les groupes de soutien administratif et de l'exploitation aux professionnels, ainsi que ceux de l'administration et du service extérieur.

Tableau 4-13
Fonctionnaires fédéraux affectés à la S-T, par catégorie, de 1987-1988 à 1989-1990

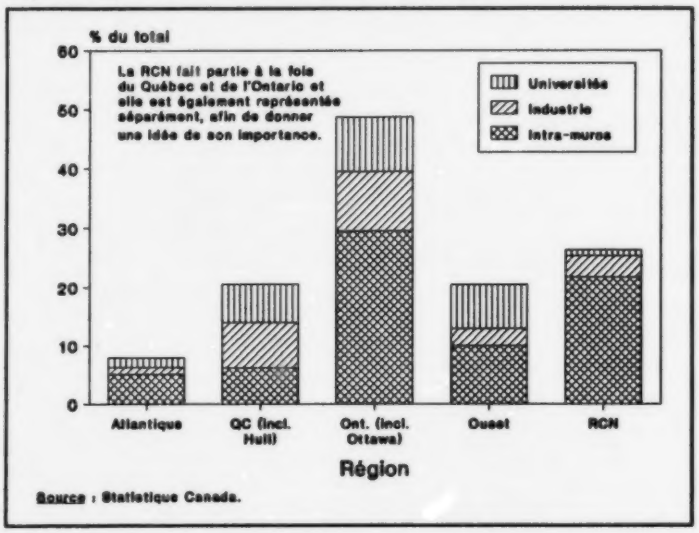
Catégorie	R-D	ASC	APE[1]	Total
		(années-personnes)		
Direction	227	553	76	856
Sciences et professions	5 621	5 140	426	11 187
Administration et service extérieur	797	2 401	488	3 686
Technique	4 471	4 137	52	8 660
Soutien administratif	1 651	3 950	498	6 099
Exploitation	2 386	896	11	3 293
Personnel militaire	184	13	10	207
Total	15 337	17 090	1 561	33 988

1. APE = Administration des programmes extra-muros.
Source : Statistique Canada, *Dépenses et main-d'oeuvre scientifiques fédérales, 1989-1990*, juin 1989.

5. Répartition régionale des dépenses fédérales en matière de S-T

En 1987-1988, la dernière année pour laquelle des données régionales sont disponibles, le gouvernement du Canada a dépensé au total 2,3 milliards de dollars à la R-D et 3,9 milliards de dollars en matière de S-T. Compte tenu de la méthode de compilation des statistiques, le total des dépenses fédérales pour 1987-1988 par région ne correspond pas au total de 4,5 milliards de dollars. La différence est liée principalement aux frais généraux non affectés et aux dépenses en matière de S-T faites à l'étranger.

Tableau 4-14 - Dépenses fédérales en matière de R-D par région et par secteur d'exécution, 1987-1988



Près des deux tiers du total des fonds de S-T pour 1987-1988, soit 2,4 milliards de dollars, sont allés à des établissements gouvernementaux (tableau 4-15). Une somme de 1,2 milliard, soit 48 p. 100 du total, a été consacrée à la R-D. Quatre ministères, soit le CNRC, Agriculture Canada, la Défense nationale et Pêches et Océans, ont déboursé 62 p. 100 des dépenses totales de R-D intra-muros.

Pour 1987-1988, l'Ontario a reçu la part la plus importante de fonds en matière de S-T du gouvernement fédéral, soit 53 p. 100, le Québec venant en deuxième position (tableaux 4-14 et 4-15). Les dépenses de l'Ontario sont influencées par une forte présence fédérale dans la région de la Capitale nationale (RCN).

L'Ontario, sans considérer la RCN, a reçu 17 p. 100 des dépenses totales en matière de S-T du gouvernement fédéral en 1988. Le Québec en a reçu 20 p. 100; les provinces de l'Ouest, 19 p. 100 et les provinces de l'Atlantique, 8 p. 100. Environ 36 p. 100 des dépenses fédérales totales en matière de S-T pour 1987-1988 ont été affectées à la RCN. Les dépenses effectuées dans la RCN l'ont été pour des programmes d'envergure nationale.

Le Québec a connu la hausse la plus importante, car les dépenses en matière de S-T affectées aux sciences naturelles et au génie ont augmenté de 12,5 p. 100 au cours de l'année financière 1987. Le Québec a également reçu 51 p. 100 du total des subventions fédérales à l'industrie pour la R-D et 36 p. 100 de tous les contrats de R-D industrielle, alors que l'Ontario, à l'exception de la RCN, a reçu 29 p. 100 des subventions et 29 p. 100 des contrats à l'industrie.

La Colombie-Britannique, le Québec et l'Ontario, à l'exclusion de la RCN, étaient les seules régions où moins de la moitié des dépenses fédérales en matière de S-T ont été affectées à des exécutants intra-muros. Cependant, la RCN, le Yukon, les Territoires du Nord-Ouest, la Nouvelle-Écosse, Terre-Neuve, le Manitoba et le Nouveau-Brunswick comptaient considérablement sur les activités fédérales intra-muros : pour chacune de ces régions, plus des deux tiers des dépenses fédérales étaient réservées à des programmes intra-muros.

Tableau 4-15
Dépenses fédérales en matière de S-T selon la région et l'exécutant, 1987-1988

Région	Intra-muros	Extra-muros			Total	Part du total
		Industrie	Universités	Autres		
	(en millions de $)					(%)
Terre-Neuve	50	5	10	4	69	2
Île-du-Prince-Édouard	8	6	1	1	16	0
Nouvelle-Écosse	131	24	23	5	183	5
Nouveau-Brunswick	37	5	9	4	56	1
Québec (y compris Hull)	314	240	190	33	777	20
Ontario (y compris Ottawa)	1 495	285	259	57	2 097	53
Manitoba	93	16	25	5	139	4
Saskatchewan	51	13	20	6	91	2
Alberta	104	23	56	6	190	5
Colombie-Britannique	136	54	99	12	301	8
Yukon et T.N.-O.	23	2	-	4	29	1
Canada	2 443	674	693	138	3 948	100
RCN	1 289	95	30	15	1 429	36

Source : Statistique Canada, *Statistique des sciences*, 13 (1)(1989), nº 88-001.

Les subventions et les contrats fédéraux pour la R-D accordés à l'industrie dans le domaine des sciences naturelles se sont chiffrés à environ 500 millions de dollars en 1987-1988. Les trois cinquièmes environ, soit 298 millions de dollars, étaient des subventions, destinées surtout au Québec. Les contrats ont totalisé 200 millions de dollars et l'Ontario en a reçu 60 p. 100 (tableau 4-16).

Tableau 4-16
Subventions et contrats de R-D accordés par le gouvernement fédéral à l'industrie dans le domaine des sciences naturelles, 1987-1988

Région	Subventions		Contrats		Subventions et contrats	
	Valeur	Part du total	Valeur	Part du total	Valeur	Part du total
	(en millions de $)	(%)	(en millions de $)	(%)	(en millions de $)	(%)
Terre-Neuve	1,0	0,3	1,8	0,9	2,8	0,6
Île-du-Prince-Édouard	3,1	1,0	0,3	0,1	3,4	0,7
Nouvelle-Écosse	7,7	2,6	6,9	3,4	14,6	2,9
Nouveau-Brunswick	1,9	0,6	0,9	0,4	2,8	0,6
Québec (y compris Hull)	151,8	51,0	28,4	14,0	180,2	36,0
Ontario (y compris Ottawa)	104,7	35,2	124,2	61,2	228,9	45,7
Manitoba	3,2	1,1	9,2	4,5	12,4	2,5
Saskatchewan	3,9	1,3	7,5	3,7	11,4	2,3
Alberta	5,5	1,8	7,5	3,7	13,0	2,6
Colombie-Britannique	14,7	4,9	16,1	7,9	30,8	6,2
Yukon et T.N.-O.	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0
Total	297,6	100,0	202,9	100,0	500,5	100,0
RCN	18,6	6,3	62,9	31,0	81,5	16,3

Source : Statistique Canada, *Statistique des sciences*, 13 (1)(1989), nº 88-001.

6. Répartition régionale du personnel du gouvernement fédéral

Environ les trois quarts des fonctionnaires affectés à des activités de S-T se trouvent en Ontario et au Québec. La Colombie-Britannique, la Nouvelle-Écosse, le Manitoba et l'Alberta en comptent près de 20 p. 100. Sept ministères engagent 70 p. 100 de ces fonctionnaires et quatre des 52 ministères poursuivant des activités de S-T engagent près de la moitié des fonctionnaires affectés à la S-T (tableau 4-17).

Tableau 4-17
Fonctionnaires fédéraux affectés à la S-T, par région et par certains ministères, 1987-1988

Région	EC	SC	Agr	CRM	EMR	EACL	P&O	Autres	Total	Part du total
				(années-personnes)						(%)
Terre-Neuve	85	25	33	65	–	–	278	70	556	1,6
Île-du-Prince-Édouard	18	–	107	1	–	–	7	6	139	0,4
Nouvelle-Écosse	428	48	140	92	134	–	656	235	1 733	5,1
Nouveau-Brunswick	108	–	142	3	–	–	169	159	581	1,7
Québec (incl. Hull)	893	61	413	313	4	–	176	2 186	4 046	12,0
Ontario (incl. Ottawa)	1 404	4 116	1 706	2 598	2 213	1 793	372	6 704	20 906	61,8
Manitoba	291	37	360	21	2	769	137	26	1 643	4,9
Saskatchewan	248	–	374	122	4	–	–	7	755	2,2
Alberta	473	45	477	3	208	–	–	306	1 512	4,5
Colombie-Britannique	431	51	266	102	77	–	495	328	1 750	5,2
Yukon et T.N.-O.	162	–	–	–	21	–	–	27	210	0,6
Canada	4 541	4 383	4 018	3 320	2 663	2 562	2 290	10 054	33 831	100,0
Part du total	13,4	13,0	11,9	9,8	7,9	7,6	6,8	29,7	100,0	–
RCN	282	4 918	1 365	2 576	2 187	205	207	6 979	17 820	52,7
Part du total de la RCN	0,8	11,9	4,0	7,6	6,5	0,6	0,6	20,6	52,7	–

Source : Statistique Canada, *Dépenses et main-d'oeuvre scientifiques fédérales par région, de 1982-1983 à 1987-1988*, juin 1989.

• • •